

1010В. В случае применения погрузочно-транспортной машины МЛ-131 чистый дисконтированный доход составит 35715 у. е. в сравнении с использованием погрузочно-транспортной машины Timberjack 1010В. Индекс доходности составит 0,35.

Проведенные производственные испытания колесных лесозаготовительных машин МТЗ позволили доработать конструкцию шасси и технологического оборудования, а также выявить ряд преимуществ колесной трелевочной машины в сравнении с гусеничными тракторами. Так, например, в период эксплуатационно-технологических испытаний колесной трелевочной машины МЛ-127 была произведена доработка конструкции машины: в нижней части защитно-опорного щита приварена горизонтальная полка, препятствующая попаданию комлевой части хлыстов под машину; установлены усиленные гидроцилиндры толкателя; установлена дополнительная защита облицовки радиатора; усилено днищевое ограждение энергетического модуля; установлены доработанные конечные передачи; улучшена защита рукавов гидроцилиндров поворота.

В условиях Республики Коми была установлена недостаточная проходимость машин по глубокому снегу с высотой снежного покрова около 1 м. Для повышения проходимости машин по глубокому снегу прорабатывается возможность введения автоматической блокировки дифференциалов ведущих мостов и применения на колесах цепей противоскольжения, которые будут монтироваться при эксплуатации зимой. В условиях Республики Беларусь при использовании широкопрофильных шин низкого давления, блокировке дифференциалов ведущих мостов и применении специальных технологий лесозаготовок (укрепление волоков порубочными остатками) на почвогрунтах средней заболоченности проходимость машин значительно возросла.

По результатам производственно-технологических испытаний колесных лесозаготовительных машин МТЗ было установлено, что в сравнении с аналогичными гусеничными тракторами они характеризуются высокой мобильностью, легкостью управления, сравнительно небольшим расходом топлива, комфортабельными условиями работы оператора, а также в меньшей степени повреждают поверхностный слой почвы на лесосеке. Повреждаемость почвенного покрова двигателем рассматриваемых машин находится в пределах норм, допускаемых лесоводственными требованиями. Машины соответствуют своему функциональному назначению и хорошо вписываются в применяемые на лесозаготовительных предприятиях технологические процессы.

УДК 630\*323

А.П. Матвейко, профессор

## **ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО-РАСКРЯЖЕВОЧНЫХ МАШИН НА ЗАГОТОВКЕ СОРТИМЕНТОВ**

The developed mathematical descriptions of timber cutting process by harvesters are given. The given formulas allow to analyze productivity of harvesters on their technological parameters and natural factors.

С 1990 г. отдельные лесхозы Беларуси начали осваивать скандинавскую технологию заготовки сортиментов с использованием лесозаготовительных машин фирмы «Валмет». Для этого в 1990 г. бывшим Министерством лесного хозяйства Беларуси было закуплено 14 валочно-сучкорезно-раскряжевых (ВСРМ) и погрузочно-транспортных (ПТМ) машин этой фирмы для ряда лесхозов. Позднее, в 1998 г., такую технику приобрел и Лиозненский лесхоз: одну ВСРМ «Валмет-911» и две ПТМ «Валмет-860».

Опыт эксплуатации этой техники в Лиюзненском лесхозе показал, что при надлежащем ее освоении и правильном использовании с учетом конкретных природно-производственных условий она может быть конкурентоспособной с традиционной технологией и техникой (бензопилы на заготовке сортиментов, трактор МТЗ-82 на трелевке), несмотря на высокую ее стоимость. Особенно это важно для ВСРМ (харвестеров), так как машина очень дорогостоящая. Успешно решить задачу можно на основе математического моделирования процессов заготовки сортиментов ВСРМ, для чего необходимо иметь развернутое математическое описание этого процесса, увязанное с производительностью.

Производительность валочно-сучкорезно-раскряжевой машины (ВСРМ) в обобщенном виде выражается формулой

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-з}) \cdot \phi_1 \cdot V_{хл} \cdot n}{t_1 + t_ц \cdot n}, \quad (1)$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $t_{п-з}$  – время на выполнение подготовительно-заключительных операций, с;  $\phi_1$  – коэффициент использования рабочего времени;  $V_{хл}$  – средний объем хлыста,  $m^3$ ;  $n$  – число деревьев, срезаемых и обрабатываемых с одной рабочей позиции (с одной технологической стоянки) машины, шт.;  $t_1$  – время на переезд машины с одной рабочей позиции на другую, с;  $t_ц$  – время на спиливание и обработку (очистку от сучьев и раскряжевку) одного дерева, с.

Чтобы можно было анализировать влияние различных природно-производственных факторов и технологических параметров машины на ее производительность, требуется детализация формулы (1).

Число деревьев, срезаемых и обрабатываемых с одной рабочей позиции машины, зависит от ширины полосы леса ( $b$ ), разрабатываемой машиной за один проход; ширины ленты ( $a$ ), осваиваемой с одной рабочей позиции; ликвидного запаса древесины на 1 га ( $Q_{га}$ ); интенсивности рубки ( $i$ ) насаждения; среднего объема хлыста ( $V_{хл}$ ) и равно

$$n = \frac{a \cdot b \cdot Q_{га} \cdot i}{10000 \cdot V_{хл}}. \quad (2)$$

Для ВСРМ без манипулятора  $a = 0$ ,  $b = 2$  м, и с одной рабочей позиции она может спилить и обработать одно дерево. ВСРМ манипуляторного типа может срезать и обрабатывать деревья спереди по ходу движения, а также справа и (или) слева, что зависит от ее конструкции. В этом случае ширина ленты, осваиваемая ВСРМ с одной рабочей позиции, будет зависеть от максимального ( $l_{max}$ ) и минимального ( $l_{min}$ ) вылета манипулятора. Исходя из 95% доступности деревьев для ВСРМ и необходимости укладки заготавливаемых сортиментов у волока перпендикулярно к нему, а сучьев и ветвей на волоке, когда необходимо укрепление волока, или у волока, если сучья и ветви планируются использовать на промышленные или бытовые цели:

$$a = \frac{l_{max} - l_{min}}{2},$$

что практически составляет  $0,4 l_{max}$ .



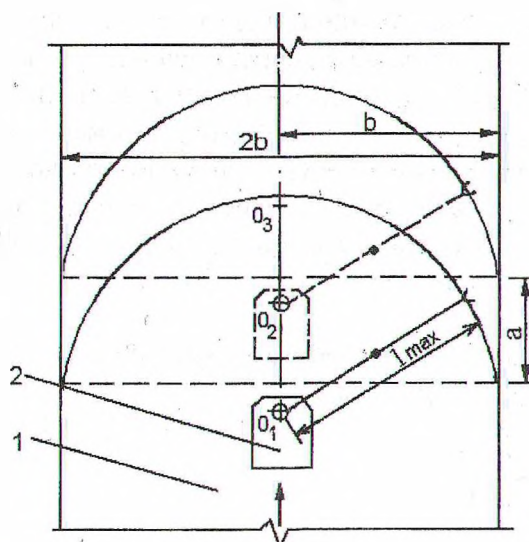


Рис. Схема для расчета ширины полосы леса ( $b$ ,  $2b$ ), разрабатываемой ВСРМ за один проход, и ширины ленты ( $a$ ), осваиваемой ВСРМ с одной рабочей позиции: 1 – полоса леса, разрабатываемая ВСРМ; 2 – ВСРМ;  $0_1$ ,  $0_2$ ,  $0_3$  – рабочие позиции ВСРМ;  $l_{\max}$  – максимальный вылет манипулятора

Ширина разрабатываемой полосы леса зависит от величины максимального вылета манипулятора, конструкции ВСРМ, принятой технологии работ и может быть равна  $l_{\max}$  или же  $2 l_{\max}$ .

Интенсивность рубки насаждения зависит от вида рубки. При сплошных рубках  $i=1$ , при рубках ухода  $i = 0,3 \dots 0,4$ .

Среднее время на переезды ВСРМ:

– с одной рабочей позиции на другую

$$t_1 = \frac{a}{\vartheta_{\text{дв}}}; \quad (3)$$

– от одного дерева к другому

$$t_1 = \frac{10000 \cdot V_{\text{хл}}}{Q_{\text{га}} \cdot i \cdot b \cdot \vartheta_{\text{дв}}}, \quad (4)$$

где  $\vartheta_{\text{дв}}$  – средняя скорость переезда ВСРМ с одной рабочей позиции на другую или от дерева к дереву, м/с.

Значения остальных величин даны выше.

Время на спиливание и обработку одного дерева

$$t_{\text{ц}} = t_2 + t_3 + t_4 + t_7 + t_8, \quad (5)$$

где  $t_2$  – время на подготовку дерева к спиливанию (подвод срезающего механизма к дереву и захват дерева), с;  $t_3$  – время на спиливание дерева, с;  $t_4$  – время на сталкивание (повал) спиленного дерева, с;  $t_7$  – время на очистку дерева от сучьев, с;  $t_8$  – время на раскряжевку хлыста, с.

Значения  $t_2$  и  $t_4$  целесообразно определять по данным хронометражных наблюдений, а  $t_3$  может быть рассчитано по формуле (1).

$$t_3 = \frac{V_{\text{хл}}}{\Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot f \cdot (H - 1,3)}, \quad (6)$$

где  $\varphi_2$  – коэффициент использования производительности чистого пиления  $\Pi_{\text{пил}}$  пильного механизма;  $H$  – средняя высота спиливаемых деревьев, м: она зависит от среднего диаметра деревьев на высоте груди и разряда высот и может быть определена по материалам отвода насаждений в рубку;  $f$  – видовое число ствола дерева.

Время на очистку одного дерева от сучьев

$$t_7 = \frac{H - kH - l_{\text{в}}}{u_{\text{ср}}}, \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент, показывающий, какая часть длины дерева протаскивается через сучкорезный механизм за время падения дерева;  $l_{\text{в}}$  – средняя длина вершины дерева, не подлежащая очистке от сучьев, м;  $u_{\text{ср}}$  – средняя скорость протаскивания дерева через сучкорезный механизм с учетом замедления скорости перед каждым пропилом для раскряжевки, м/с.

Время на раскряжевку хлыста

$$t_8 = \frac{d_{\text{ср}} \cdot m_{\text{р}}}{u_{\text{н}}}, \quad (8)$$

где  $d_{\text{ср}}$  – средний диаметр пропилов, м: обычно за  $d_{\text{ср}}$  принимается диаметр дерева на половине его высоты;  $u_{\text{н}}$  – средняя скорость надвигания пильного механизма на хлыст, м/с: она зависит от конструкции пильного механизма и мощности двигателя, то есть от производительности чистого пиления пильного механизма ( $\Pi_{\text{пил}}$ );  $m_{\text{р}}$  – число пропилов (резов) на один хлыст, шт.: оно зависит от длины хлыста и средней длины выпиливаемых сортиментов ( $l_{\text{ср}}$ ):

$$m_{\text{р}} = \frac{H - l_{\text{в}}}{l_{\text{ср}}}.$$

С учетом сказанного выше формула (8) примет следующий вид:

$$t_8 = \frac{\pi \cdot d_{\text{ср}}^2 (H - l_{\text{в}})}{4 \Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot l_{\text{ср}}}, \quad (9)$$

где  $\varphi_2$  – коэффициент использования  $\Pi_{\text{пил}}$  пильного механизма.

Значения остальных величин даны выше.

Подставив полученные значения величин  $t_3$ ,  $t_7$  и  $t_8$  из формул (6, 7 и 9) в формулу (6), получим, что

$$t_{\text{ц}} = t_2 + \frac{V_{\text{хл}}}{\Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot f \cdot (H - 1,3)} + t_4 + \frac{H - kH - l_{\text{в}}}{u_{\text{ср}}} + \frac{\pi d_{\text{ср}}^2 (H - l_{\text{в}})}{4 \Pi_{\text{пил}} \cdot \varphi_2 \cdot l_{\text{ср}}}. \quad (10)$$

Подставив полученные значения  $n$ ,  $t_1$  и  $t_2$  из формул (2, 3, 4 и 10) в формулу (1) и сделав соответствующие преобразования, получим развернутое выражение производительности валочно-сучкорезно-раскряжевых машин:

– манипуляторного типа

$$\Pi = \frac{10^{-4}(T-t_{п-з})\phi_1 \cdot a \cdot b \cdot Q_{га} \cdot i}{\frac{a}{\theta_{дв}} + \left[ t_2 + \frac{V_{хл}}{\Pi_{пил}\phi_2 f(H-1,3)} + t_4 + \frac{H-kH-l_B}{u_{ср}} + \frac{\pi d_{ср}^2 (H-l_B)}{4\Pi_{пил}\phi_2 l_{ср}} \right] \frac{abQ_{га} i}{10000 \cdot V_{хл}}}; \quad (11)$$

– неманипуляторного типа

$$\Pi = \frac{10^{-4}(T-t_{п-з})\phi_1 \cdot a \cdot b \cdot Q_{га} \cdot i}{\frac{10000 \cdot V_{хл}}{Q_{га} i b \theta_{дв}} + t_2 + \frac{V_{хл}}{\Pi_{пил}\phi_2 f(H-1,3)} + t_4 + \frac{H-kH-l_B}{u_{ср}} + \frac{\pi d_{ср}^2 (H-l_B)}{4\Pi_{пил}\phi_2 l_{ср}}}. \quad (12)$$

Формулы (11 и 12) представляют собой математические описания процесса заготовки на лесосеке сортиментов валочно-сучкорезно-раскряжевыми машинами. Они с достаточной точностью и достоверностью позволяют анализировать производительность этих машин в зависимости от их технологических параметров (скорости движения с одной рабочей позиции на другую ( $\theta_{дв}$ ); ширины полосы леса, разрабатываемой машиной за один проход ( $b$ ); производительности чистого пиления пильного механизма ( $\Pi_{пил}$ ) и др.) и природных факторов: среднего объема хлыста ( $V_{хл}$ ), ликвидного запаса древесины на 1 га ( $Q_{га}$ ), породы и других факторов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Матвейко А.П. Расчет производительности валочных и валочно-пакетирующих машин // Изв. вузов. Лесной журнал. – 1989. – № 4. – С. 36–38.

УДК 630\*377.4

А.В. Жуков, профессор

### ДИНАМИКА ХАРВЕСТЕРА

The model for an estimation of various factors and parameters the chassis and the process equipment on dynamics harvester, the proved choice of his rational parameters is developed. The data on influence on dynamics harvester MLH-424 his parameters, and also power and high-speed parameters of a drive of the manipulator are given.

В настоящее время в Западной Европе и других лесодобывающих странах широкое распространение имеют валочно-сучкорезно-раскряжевые машины – харвестеры, которые используются совместно с погрузочно-транспортными машинами – форвардерами и образуют высокоэффективную систему для заготовки сортиментов. Харвестеры, выполненные по разным конструктивным схемам, различаются по сфере применения, типу базового шасси, конструкции, мощности (20...160 кВт) и имеют большой разброс по собственной массе (3...25 т). Харвестеры изготавливаются на шасси типа 4К4 или 6К6 с жесткой или чаще шарнирно-сочлененной рамой.