

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*375 : 519.872

**ОБОСНОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ  
ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩИХ МАШИН  
С СОВМЕЩЕННЫМИ ФУНКЦИЯМИ**

С. Б. ЯКИМОВИЧ, О. А. ШУЛЕПОВА

Марийский политехнический институт

Одним из направлений интенсификации лесозаготовительного производства может быть преобразование цикличности поступления и обработки предмета труда в непрерывные потоки. При поэтапной реализации этот процесс протекает с меньшими материальными затратами. Например, при первоначальном обеспечении непрерывности поступления предмета труда и сохранении цикличности его обработки требуется реконструкция лишь подающей части лесозаготовительной машины. Это связано с меньшими материальными затратами и одновременным повышением производительности при совмещении транспортных (подающих) и технологических (обрабатывающих) операций. В отрасли известны примеры, когда совмещаются процессы перемещения хлыста, отмер длины, распиловка при продольной подаче, когда подача происходит непрерывно, а обработка — циклично. При переходе на поперечную подачу (слешеры) наблюдается непрерывность как подачи, так и обработки хлыстов.

В условиях лесосеки, для валочно-пакетирующих машин (ВПМ), такой подход реализуется совмещением транспортной (надвигание машины на стоящие деревья) и технологической (наводка манипулятора, срезание дерева, перенос его и укладка) функций. Исключение затрат времени на перемещение машин с одной рабочей позиции к другой приводит к повышению производительности на 17...30% по сравнению с известной технологией работы ВПМ для лесосек с различными таксационными характеристиками. Пример конструктивного решения ВПМ, функционирующей по изложенной технологии в совмещенном режиме, представлен в [1]. Подобная машина может создаваться на базе ВПМ ЛП-19А при внесении некоторых изменений в конструкцию захватно-срезающего устройства и систему управления гидроприводом. Возможное применение ВПМ совмещенного режима вызывает необходимость обоснования скорости ее перемещения при неизменной скорости обработки дерева (времени цикла), определяемой техническими данными существующих машин. Очевидно, скорость перемещения ВПМ должна соответствовать условию ее функционирования без вынужденных остановок в ожидании освобождения манипулятора для обслуживания следующего дерева.

Скорость перемещения машины определяет интервалы времени между поступлениями деревьев в зону манипулятора, которые, в свою очередь, зависят также от частоты размещения деревьев на ленте, наличия неровностей и других изменений почвенно-грунтовых условий в процессе перемещения.

Стохастическая природа перечисленных величин и их влияние на интервалы времени могут быть выражены через законы распределения интервалов между окончаниями обработки деревьев манипулятором.

В связи с этим технологический процесс ВПМ с совмещенными функциями целесообразно моделировать на основе теории массового обслуживания.

При разработке математической модели валочно-пакетирующих машин, например ЛП-19А, вводятся следующие допущения:

1) совмещенные функции (транспортная — надвигание ВПМ на деревья, технологическая — наводка манипулятора, срезание дерева, перенос его и укладка, возврат манипулятора и наведение захватно-срезающего устройства) рассматриваются отдельно;

2) технологической функции ставится в соответствие узел обслуживания (манипулятор и поворотная платформа) с интенсивностью обработки деревьев  $\mu$ ;

3) транспортной функции соответствует поток деревьев, поступающий в зону манипулятора с интенсивностью  $\lambda$  при движении базы ВПМ;

4) емкости блока ожидания и источника, генерирующего деревья, поступающие в обработку, бесконечны (число деревьев на лесосеке позволяет принять это допущение).

Технологическая функция количественно определяется временем обработки дерева  $t_{обр}$ , которое является стохастической величиной и может подчиняться закону Эрланга [3] (нормальному, по экспериментальному определению авторов). Транспортную функцию характеризуют интервалы времени между поступлениями деревьев в зону действия манипулятора, которые для естественных лесных массивов [2, 5] подчиняются экспоненциальному закону распределения.

На основании изложенного функционирование ВПМ совмещенного типа как системы СМО наиболее точно описывает модель вида [4]

$$(M/G/1) : (GD/\infty/\infty),$$

где  $M$  — распределение моментов поступления деревьев в зону обслуживания манипулятора по экспоненциальному закону;

$G$  — распределение времени цикла ВПМ по произвольному закону;

1 — один канал обслуживания;

$GD$  — дисциплина очереди произвольная (первым пришел — первым обслуживаешься, случайный отбор заявок);

$\infty, \infty$  — число деревьев в системе, очереди и обработке и емкость источника, генерирующего деревья, поступающие в обработку.

Схема приведенной системы представлена на рис. 1.

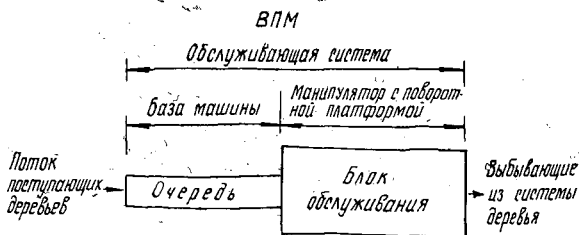


Рис. 1. Система массового обслуживания ВПМ с совмещенными функциями

При выполнении условий стационарности и использовании выбранной модели для расчетов операционных характеристик применима формула Поллачека — Хинчина, основанная на дискретной цепи Маркова [4] и имеющая вид

$$L_s = \frac{\lambda \bar{t} + \lambda^2 (t^2 + \text{var}(t))}{1 - \lambda \bar{t}}, \quad (1)$$

где  $L_s$  — среднее число деревьев в системе, шт.;  
 $\lambda$  — интенсивность входного потока деревьев, шт./с;  
 $t$  — среднее время обработки дерева (время цикла), с;  
 $\text{var}(t)$  — дисперсия времени обработки дерева, с<sup>2</sup>.

По найденному выражению  $L_s$  определяют:  
 среднее число деревьев в очереди на обработку  $L_q$ , шт.:

$$L_q = L_s - \lambda \bar{t}; \quad (2)$$

среднюю продолжительность нахождения дерева в системе  $W_s$ , с:

$$W_s = L_s / \lambda; \quad (3)$$

среднюю продолжительность пребывания дерева в очереди  $W_q$ , с:

$$W_q = L_q / \lambda. \quad (4)$$

На основании выражений (1) — (4) и законов распределения входящего и выходящего потоков деревьев задача нахождения скорости перемещения ВПМ, зависящей от ситуации на лесосеке (густота размещения деревьев на ленте, почвенно-грунтовые условия, объемы обрабатываемых деревьев и др.) и обеспечивающей непрерывное перемещение машины, трансформируется в задачу определения скорости, при которой число деревьев в очереди принимало бы значение, меньшее единицы, а время ожидания в очереди приближалось к нулю. Очевидно, что скорость перемещения ВПМ  $v_n$  является управляемой переменной по отношению к интенсивности  $\lambda$  потока поступивших в зону манипулятора деревьев. Управлять величиной  $\lambda$  можно также изменяя вылет манипулятора  $R$ . Однако использование этого способа маловероятно, ибо в отраслевой науке выполнен достаточный объем работ по определению оптимального вылета на основе экономических и экологических (лесохозяйственных) критериев. Величина  $\lambda$  как интенсивность поступления деревьев в единицу времени выражается через значения других случайных величин (объем хлыста, запас на единице площади) и размерно-скоростных характеристик ВПМ (скорость перемещения, вылет) по формуле

$$\lambda = 2R\xi v_n q / V, \quad (5)$$

где  $R$  — максимальный вылет манипулятора, м;  
 $\xi$  — коэффициент использования максимального вылета манипулятора;  
 $v_n$  — скорость перемещения ВПМ, м/с;  
 $q$  — запас древесины на единице площади (1 м<sup>2</sup>), м<sup>3</sup>;  
 $V$  — средний объем хлыста, м<sup>3</sup>.

На основе приведенных выражений разработана прикладная программа, реализованная для ЕС ЭВМ на языке Фортран. Некоторые результаты обоснования скорости перемещения ВПМ ЛП-19А приведены на рис. 2, 3. По результатам наблюдений за работой ВПМ ЛП-19А в Волжском лесокombинате интенсивность обработки деревьев  $\mu$  при расчетах принята равной 0,021 шт./с. Эта величина соответствует времени цикла 47,5 с.

Анализ графиков позволяет сделать вывод о необходимости использования бортовой ЭВМ с соответствующими периферийными устройствами для оценки и выработки решений по текущей ситуации, ибо, например, при изменении запаса от 250 до 150 м<sup>3</sup> на 1 га и вылете манипулятора 8 м, среднем объеме хлыста 0,3 м<sup>3</sup>, скорость перемещения ВПМ, обеспечивающая режим работы с совмещенными функциями

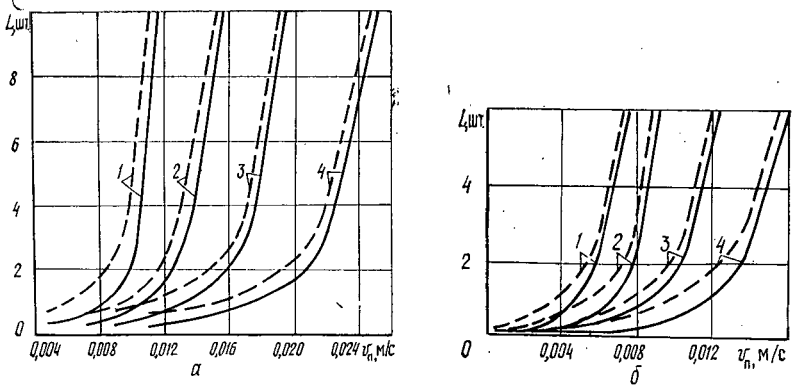


Рис. 2. Графики зависимости числа деревьев в очереди  $L_q$  (сплошные линии) и в системе  $L_s$  (штриховые) от скорости перемещения ВПМ  $v_p$ : а — вылет манипулятора 8 м; б — 10 м; 1 —  $V = 0,2 \text{ м}^3$ ;  $q = 220 \text{ м}^3$ ; 2, 3, 4 —  $V = 0,3 \text{ м}^3$ ;  $q$  — соответственно 250, 200 и  $150 \text{ м}^3$

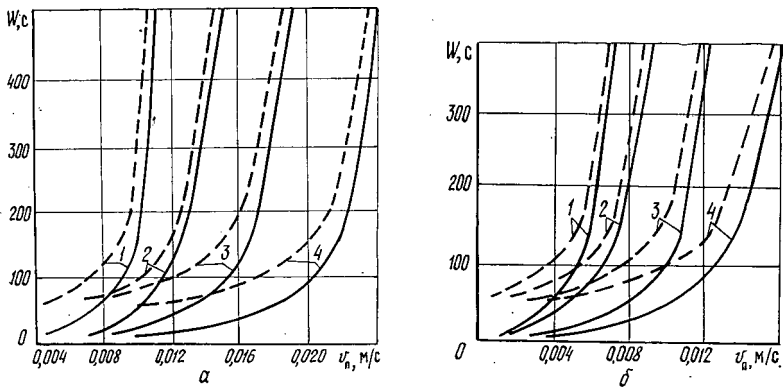


Рис. 3. Графики зависимости времени ожидания деревьев в очереди  $W_q$  (сплошные линии) и в системе  $W_s$  (штриховые) от скорости перемещения ВПМ  $v_p$ . Обозначения см. на рис. 2.

( $W_q \rightarrow 0$ ,  $L_q \rightarrow 1$ ), увеличится в 1,5–2,0 раза. В простейшем случае возможен вариант функционирования ВПМ на минимальной из всех допустимых значений скорости перемещения. Однако подобный подход приводит к недоиспользованию возможной производительности ВПМ с совмещенными функциями.

Следует также отметить, что по результатам статистической обработки наблюдений [5] время цикла  $t_{\Pi}$  на заготовку одного дерева при функционировании ВПМ с разделенными во времени функциями (технологической и транспортной) по традиционной технологии складывается из двух составляющих:

$$t_{\Pi} = t_{\text{обр}} + t_{\Pi}$$

где  $t_{\text{обр}}$  — средняя арифметическая оценка времени обработки одного дерева при стоянке на рабочей позиции,  $t_{\text{обр}} = 47,5 \text{ с}$ ;

$t_{\Pi}$  — средняя арифметическая оценка времени перемещения ВПМ с одной рабочей позиции на другую, приходящегося на одно дерево,  $t_{\Pi} = 14,3 \text{ с}$ .

Режим совмещения технологической и транспортной функций исключает время  $t_{\Pi}$  из  $t_{\Pi}$  (перемещение ВПМ происходит в процессе

обработки дерева) и, следовательно, снижает  $t_{ц}$  до  $t_{обр} = 47,5$  с. Уменьшение составляет 23 %. Пропорционально проценту снижения  $t_{ц}$  возрастает производительность ВПМ по сравнению с традиционной технологией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1542484 СССР, МКИ А 01 G 23/08. Лесозаготовительная машина / С. Б. Якимович, Р. Х. Мубаракшин, С. Л. Шулепов, Г. З. Зулкарова (СССР).— № 4424163/23—15; Заявлено 11.05.88; Опубл. 15.02.90 // Открытия. Изобретения.— 1990.— № 6.— С. 15. [2]. Маркеленков В. Г. К моделированию потока деревьев, подлежащих валке // Сб. науч. тр. / ЦНИИМЭ.— Химки, 1974.— № 144.— С. 38—45. [3]. Редькин А. К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 256 с. [4]. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2 т. / Пер. с англ.— М.: Мир, 1985.— Т. 2.— 496 с. [5]. Якимович С. Б., Шулепов С. Л. Определение характеристик потока деревьев при непрерывном режиме работы валочно-пакетирующих машин // Лесн. журн.— 1990.— № 6.— С. 49—52.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 22 января 1992 г.

УДК 630\*383

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПРОФИЛЯ И ПЛАНА ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Н. И. БИБЛЮК, Н. М. БОРИС, Н. И. ГЕРИС,  
Е. Н. ЛИТВИНЧУК

Львовский лесотехнический институт  
ЛЗП Техремсервис

Геометрические характеристики микропрофиля и плана являются основными параметрами, формирующими воздействие дороги на транспортное средство при его движении. Микропрофиль дороги оценивается уклонами и соответствующими им длинами участков дороги (длинами уклонов), а план — углами поворота, расстояниями между кривыми, радиусами и длинами кривых [2, 5].

Для получения вероятностных моделей микропрофиля и плана горных лесных дорог, а также определения их характеристик геодезическими методами замерены 20 волоков и усов общей протяженностью 32,6 км [3] и обработаны рабочие проекты 15 веток и магистралей протяженностью 52,4 км.

В результате анализа установлено, что для трелевочных волоков и лесовозных усов средние арифметические значения уклонов  $a_i$  и длин уклонов  $a_l$ , а также их средние квадратические отклонения ( $\sigma_i$  и  $\sigma_l$ ) изменяются в широких пределах:  $a_i = -200 \dots +150$  ‰,  $\sigma_i = 50 \dots 220$  ‰,  $a_l = 20 \dots 100$  м,  $\sigma_l = 10 \dots 70$  м. Относительная погрешность определения уклонов составляет в среднем 4,1 ‰, длин уклонов — 7,8 ‰. Параметры веток и магистралей лежат в пределах:  $a_i = -70 \dots +40$  ‰,  $\sigma_i = 30 \dots 70$  ‰,  $a_l = 90 \dots 280$  м,  $\sigma_l = 60 \dots 220$  м.

Из приведенных на рис. 1 кривых видно, что распределения уклонов горных лесных дорог подчиняются нормальному закону, длин волоков и усов — закону Пуассона (Вейбулла), длин веток и магистралей — показательному закону.

В ходе исследований выявлено, что параметры плана лесных дорог варьируются в следующих пределах. Средние арифметические значения и их средние квадратические отклонения соответственно для углов поворота  $\theta$ , радиусов кривых  $R$ , длин кривых  $K$  и расстояний  $L$