

УДК 630*31.001.57

Э.Ф. Герц, В.А. Азаренок, Н.В. Лившиц, А.В. Мехренцев

Герц Эдуард Федорович родился в 1953 г., окончил в 1981 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 30 печатных работ по технологии лесосечных работ.



Азаренок Василий Андреевич родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Хабаровский политехнический институт, кандидат технических наук, профессор, проректор по учебной работе Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 100 печатных работ в области разработки оборудования и технологических процессов лесозаготовок.



Лившиц Никодим Владимирович родился в 1927 г., окончил в 1948 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 150 печатных трудов в области разработки оборудования и технологических процессов лесозаготовок и деревообработки.



Мехренцев Андрей Вениаминович родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 50 печатных трудов в области разработки оборудования и технологических процессов лесозаготовок.



**РАСЧЕТ ШИРИНЫ ЛЕНТЫ,
РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ МАНИПУЛЯТОРНОЙ
ПОЛНОПОВОРОТНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ**

Рассмотрены две стратегии расчета ширины ленты, разрабатываемой полноповоротной ЛЗМ. Рассчитаны возможные параметры ленты леса с учетом вероятности оставления невырубленными деревьев, назначенных в рубку.

ширина ленты, сочетание стоянок, ширины ленты и расстояния переезда, досягаемость деревьев.

Параметры технологического процесса заготовки лесоматериалов полноповоротными лесозаготовительными машинами (ЛЗМ) оказывают значительное влияние на его эффективность и сохранность подроста, подлеска, напочвенного покрова и др. Пакетирующая ЛЗМ на каждой технологической стоянке формирует пакет лесоматериалов, объем которого определяется параметрами машины, таксационной характеристикой насаждения, некоторыми технологическими параметрами, от которых зависит площадь рабочей зоны, образованной максимальным и минимальным вылетом манипулятора. При работе ЛЗМ происходит перекрытие рабочих зон, расположенных последовательно на ленте, а также на смежных лентах. Величина перекрытия зон на ленте определяется расстоянием между стоянками (L), на смежных лентах – расстоянием между осями лент (B), которое, в свою очередь, зависит от максимального вылета манипулятора и взаимного расположения стоянок на смежных лентах. Из множества взаимных сочетаний расположения стоянок на смежных лентах можно выделить два наиболее характерных. Первое, наименее благоприятное, предполагает, что стоянки находятся на одной прямой, перпендикулярной лентам; при этом досягаемость всех деревьев возможна при расстоянии между осями лент

$$B \leq 2\sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}}, \quad (1)$$

где R – максимальный вылет манипулятора.

Второе сочетание стоянок наиболее благоприятно, так как позволяет увеличить расстояние между осями лент при условии досягаемости всех деревьев манипулятором ЛЗМ на границе смежных лент:

$$B \leq R + \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}}. \quad (2)$$

Из приведенных уравнений очевидно, что в интервале $0 < L < 2R$ площади перекрытия рабочих зон (S_1) со смежных лент возрастают, а площади перекрытия рабочих зон (S_2), последовательно расположенных на ленте, убывают. Максимум площадей рабочих зон ЛЗМ на стоянке достигается при сочетании оптимальных расстояний между стоянками (L_{opt}) и между осями лент (B_{opt}).

Для первого сочетания стоянок на смежных лентах

$$\begin{cases} L_{\text{opt}} = R\sqrt{2}; \\ B_{\text{opt}} = R\sqrt{2}. \end{cases}$$

Для второго сочетания [1]

$$\begin{cases} L_{\text{opt}} = R\sqrt{3}; \\ B_{\text{opt}} = \frac{3}{2}R. \end{cases}$$

Вместе с тем возможность переезда лесозаготовительной машины в насаждении при отсутствии разрубленного волока определяется ее параметрами и особенностями насаждения. В общем случае

$$L = R + r + l_d, \quad (3)$$

где r – минимальный вылет манипулятора, м;

l_d – дополнительное расстояние переезда за счет пустот (промежутков) между деревьями.

Размеры промежутков между деревьями определяются не только густотой насаждения, но и типом их размещения. В пространственной геоботанике принято выделять три типа: групповой, случайный и регулярный [2]. Возможность ЛЗМ по дополнительному увеличению расстояния переезда за счет использования этих пустот определяется в первую очередь ее шириной и густотой насаждения. Вероятность дополнительного переезда ЛЗМ при случайном типе размещения деревьев, наиболее характерном для спелых насаждений естественного происхождения, составит:

$$P(l_d) = e^{-l_d b n},$$

где e – основание натурального логарифма;

b – ширина ЛЗМ, м;

n – густота насаждения, дер./м².

Рассчитанные вероятности дополнительного расстояния переезда и экспериментальная частота, полученная на имитационной модели, для работы ЛЗМ в насаждении с густотой 500 дер./га представлены в табл. 1.

Анализ уравнения (3) и табл. 1 показывает, что работа полноповоротной ЛЗМ в оптимальном режиме, с формированием пачек максимального объема, практически невозможна. Причина этого – малая вероятность выполнения переезда между стоянками на необходимое расстояние, которое для ЛП-19 составит 6,8 м при первом и 9,5 м при втором сочетании стоянок. В этих условиях максимум площади лесосеки, обрабатываемой с одной стоянки, достигается при расстоянии между осями лент, рассчитанном по уравнению (1) или (2), с условием переезда на возможное расстояние с заданной вероятностью. Однако работа ЛЗМ при расчете расстояния между осями лент из условия второго сочетания стоянок по уравнению (2) может привести к наличию участков, недоступных для манипулятора ЛЗМ в результате недоезда до расчетной точки стоянки, а значит, и к оставлению деревьев, подлежащих рубке. Вероятность оставления дерева невырубленным ($P(D_n)$) определится вероятностью его недостижимости, т. е. наличием недостижимой площадки ($P(S_n)$), и вероятностью наличия на этой площадке дерева, подлежащего вырубке ($P(D_1)$). Поскольку эти события взаимно независимы, то

вероятность совместного их наступления равна произведению их безусловных вероятностей.

Наличие и величина недосягаемой площади определяются, в свою очередь, расстоянием недоезда до расчетной точки стоянки (L_n). При

Таблица 1

Ширина ЛЗМ, м	Вероятность (числитель) и частота (знаменатель) дополнительного расстояния переезда l_d , м						
	1	2	3	4	5	6	7
2	0,9048	0,8187	0,7408	0,6703	0,6065	0,5488	0,5966
3	0,8607	0,7408	0,6376	0,5488	0,4724	0,4066	0,3499
	0,8904	0,8026	0,7193	0,6272	0,5702	0,5482	0,4781
4	0,8187	0,6703	0,5488	0,4493	0,3679	0,3012	0,2466

Таблица 2

Расстояние переезда, м		Ширина пасаки B , м	Вероятность оставления дерева невырубленным $P(D_n)$
расчетное L	дополнительное l_d		
13	1	28,5	0,0214
14	2	28,3	0,0457
15	3	29,0	0,0849

$L_n \leq \sqrt{4R^2 - B^2} - \frac{L}{2}$ возможно появление недосягаемых для манипулятора

площадок величиной $S_n \leq R^2 \arcsin\left(\frac{L}{2R}\right) - R \frac{L}{2}$, а вероятность отсутствия на

них хотя бы одного дерева $P_0(S_n) = e^{-\frac{S_n}{S_d}}$ [3].

Такие события, как недоезд до расчетной точки стоянки и переезд на расчетное расстояние, отсутствие и наличие на площади хотя бы одного дерева, попарно противоположны. С учетом выше изложенного вероятность оставления дерева невырубленным

$$P(D_n) = 1 - e^{-l_d b n} - e^{-\frac{S_n}{S_d}} + e^{-l_d b n} e^{-\frac{S_n}{S_d}}.$$

Тогда для ЛЗМ шириной 3 м, с максимальным и минимальным вылетом манипулятора 15 и 3 м соответственно, вероятность оставления дерева невырубленным для различных сочетаний расстояния переезда ЛЗМ и расстояния между осями лент в насаждении с густотой 500 дер./га может быть охарактеризована данными табл. 2.

Несмотря на незначительную вероятность (менее 9 %), на смежных лентах, в указанном диапазоне дополнительных расстояний переезда, их реализация ограничивается вероятностью этих переездов, которая уменьшается в значительной степени (см. табл. 1). Таким образом, расчет ширины

пасеки по завышенному (маловероятному) расстоянию переезда приведет к систематическому невыполнению его расчетного значения и уменьшению площади, обрабатываемой с одной стоянки ЛЗМ.

Выводы

1. Заготовка пакетов лесоматериалов максимальных размеров полноповоротной ЛЗМ при сочетании оптимальных расстояния переезда и ширины ленты практически невозможна, так как нельзя реализовать расчетное расстояние переезда.

2. Работа полноповоротной ЛЗМ может быть рекомендована по второму варианту сочетания стоянок на смежных лентах, так как при дополнительных расстояниях переезда до 3 м это не ведет к вероятности оставления более 9 % невырубленных деревьев на смежных лентах.

3. Расстояние между осями лент (ширина лент) может быть определено из уравнения (2) с учетом возможного, с достаточной вероятностью для заданных условий работы, расстояния переезда.

4*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов Г.В., Сабов В.В., Солоницын Л.В. Об оптимальном режиме разработки лесосек валочно-пакетирующими машинами манипуляторного типа // Лесн. журн. – 1982. – № 3. – С. 57–60. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Кавалюнене Д.К. Типы размещения деревьев в свете закономерностей роста и производительности древостоев // Тез. науч. конф. – Каунас, 1985. – С. 40–41.

3. Капустин В.А. Число деревьев, срезаемых с одной стоянки валочно-пакетирующей машиной // Лесн. журн. – 1985. – № 2. – С. 32–36. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 08.10.01

E.F. Gerts, V.A. Azarenok, N.V. Livshits, A.V. Mekhrentsev

Calculation of Band Width Developed by Manipulator Full-Circle Forest-harvesting Machine on Tree Reach Basis

Two strategies are considered for calculation of band width developed by full-circle forest-harvesting machine. Possible parameters of forest band are calculated considering the possibility of leaving the trees designated for felling uncut.