

DOI: 10.51318/FRET.2021.56.64.006

УДК 630*32

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТЫ,
РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ МАНИПУЛЯТОРНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ,
ПРИ ВЫБОРОЧНЫХ РУБКАХ С УЧЕТОМ ДОСТУПНОСТИ**

Н. А. ДЕРЮГИН – магистр*,
e-mail:slk1077@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3054-9649

Э. Ф. ГЕРЦ – доктор технических наук, профессор*
ORCID 0000-0003-0434-7282

* ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Рецензент: Кожевников А. П., доктор биологических наук, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.

Ключевые слова: доступность, кратность обработки, выборочная рубка, манипуляторная ВПМ, ширина ленты.

Рассмотрена возможность реализации проходных рубок в сосняка 40, 60 и 80 лет валочно-пакетирующей машиной (ВПМ) с грузонесущим манипулятором типа ЛП-19. Рассмотрена возможность изреживания нормальных древостоев ВПМ на 20 %. Обеспечение доступности деревьев, назначенных в рубку, и возможность их беспрепятственного выноса к месту укладки достигаются за счет сокращения расстояния между рабочими стоянками и сокращения ширины разрабатываемой ленты. При сокращении расстояния между стоянками увеличивается кратность обработки отдельных участков полулент, а сокращение ширины разрабатываемой ленты за счет наиболее удаленных ее зон с наименьшей кратностью обработки увеличивает общую кратность обработки полулент и, соответственно, доступность деревьев, отведенных в рубку.

Приведены значения расстояний между рабочими позициями и ширины лент, обеспечивающие достаточную доступность деревьев, назначенных в рубку, по всей площади разрабатываемой ленты для рассматриваемых древостоев.

**JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS
OF THE BELT DEVELOPED BY THE MANIPULATOR LOGGING
MACHINE FOR SELECTIVE LOGGING, TAKING INTO ACCOUNT AVAILABILITY**

N. A. DERYUGIN – master's student of the department of forestry*,
e-mail:slk1077@gmail.com
ORCIDID 0000-0002-3054-9649

E. F. HERTC – doctor of agricultural sciences, professor*
ORCIDID 0000-0003-0434-7282

* FSBEE HE «Ural state forestry university»,
620100, Yekaterinburg, Siberian tract, 37

Reviewer: Kozhevnikov A. P., doctor of biological Sciences, federal state budget institution of science Botanical garden, Urals branch of RAS.

Keywords: availability, multiplicity of processing, selective felling, manipulator feller buncher, belt width.

The article discusses the possibility of implementation of cross-cutting felling in a pine forest of 40, 60 and 80 years old feller-buncher (VPM) with a load-carrying manipulator of the LP-19 type. The possibility of thinning normal IPM stands by 20 % is considered. Ensuring the accessibility of trees assigned to the felling and the possibility of their unimpeded removal to the place of laying is achieved by reducing the distance between working stations and reducing the width of the belt being developed. With a reduction in the distance between sites, the frequency of processing of individual sections of semi-belts increases, and a reduction in the width of the belt being developed due to its most remote zones with the lowest frequency of processing increases the total frequency of processing of half-belts and, accordingly, the availability of trees allocated to the felling. The values of the distances between the working positions and the width of the bands are given, which ensure sufficient accessibility of the trees assigned to the felling over the entire area of the belt being developed for the stands under consideration.

Введение

Истощение лесного фонда в европейской части России привело к снижению объемов сплошных рубок, к снижению площади отводимых в рубку лесосек. Значительная часть лесов (около 25 %) отнесена к категории защитных лесов, где такая форма рубки, как сплошная, запрещена законодательно [1, 2]. В таких условиях одним из средств, обеспечивающих поддержание непрерывности лесопользования и выполнения лесом необходимых средообразующих функций, рационального использования древесины для удовлетворения растущих потребностей производства и ускорения воспроизводства леса при минимальных затратах являются рубки лесных насаждений в форме выборочных рубок [3–6]. Рубки ухода и выборочные рубки спелых и перестойных древостоев представляют собой вырубку отдельных деревьев в соответствии с целевым назначением рубки и размерно-качественными характеристиками деревьев. Степень изреживания древостоя, необходимая для достижения цели рубок, может при

этом варьироваться в диапазоне от 15 до 60 %. Объем вырубаемой древесины при очень слабой интенсивности достигает 10 % от общего её запаса, слабой интенсивности – 11–20 %, умеренной интенсивности – 21–30 %, умеренно высокой интенсивности – 31–40 %, высокой интенсивности – 41–50 %; очень высокой интенсивности – 51–60 % [1]. Реализация рубок низкой интенсивности предполагает рубку широких пасек с узкими пасечными волоками (3–4 м) [7–10]. Однако ширина ленты, разрубаемой манипуляторной валочно-пакетирующей машиной (ВПМ), т. е. досягаемость деревьев, назначенных в рубку, определяется вылетом манипулятора. Но при этом возможна ситуация, когда захват дерева, назначенного в рубку, с данной рабочей позиции невозможен, поскольку оно заслонено другим деревом, оставляемым на доращивание.

Цель работы – обосновать технологические параметры ленты, разрабатываемой манипуляторной лесозаготовительной машиной, при выборочных рубках с учетом доступности.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи.

1. Изучение основных нормативных показателей, влияющих на эффективность выборочных рубок.
2. Анализ факторов, ограничивающих доступность деревьев, назначенных в рубку.
3. Обоснование параметров технологически рубок, обеспечивающих достаточный уровень доступности деревьев, назначенных в рубку.

Под доступностью понимается возможность беспрепятственной доставки захватно-срезающего устройства (ЗСУ) к дереву, подлежащему валке. Вынос дерева из насаждения к месту его укладки или выполнение других технологических операций в условиях исключения повреждения деревьев, оставляемых на доращивание, предполагает наличие достаточного просвета. Современные лесозаготовительные машины, имеющие вылет манипулятора до 11–13 м, разрабатывают ленты ограниченной ширины. Для выполнения выборочных селективных рубок могут использовать ВПМ

с грузонесущим манипулятором, позволяющим выносить деревья к месту укладки в вертикальном положении.

Основные факторы, влияющие на доступность деревьев, – это расстояние от волока до дерева, назначенного в рубку, густота формируемого рубкой древостоя, диаметр деревьев и ширина ЗСУ.

Принято рассматривать однократную (с одной стоянки) и многократную (с нескольких стоянок) доступность дерева. Понятие кратности соотносится при этом не только с деревом, но и с определенными областями на ленте, для каждой из которых кратность обработки деревьев – величина постоянная. Очевидно, что кратность обработки отдельных областей изменяется от единицы до максимального значения, определяющегося расстоянием между рабочими стоянками. Увеличение кратности обработки повышает доступность деревьев, назначенных в рубку, при выборочных селективных рубках, однако предполагает сокращение расстояния между рабочими стоянками, а значит, приводит к уменьшению объема пачек, формируемых ВПМ. Области пачки с максимальными значениями кратности обработки примыкают непосредственно к волоку.

Доступность P деревьев с n стоянок (рис. 1) определяется по формуле

$$P^n = e^{-(b_k + d_{cp})\sqrt{(x_n - x) + y^2} C / S_d},$$

где e – основание натурального логарифма;

b_k – ширина просвета, необходимого для доставки ЗСУ к дереву, м;

x_n – абсцисса стоянки с номером n , м;

x – абсцисса дерева, м;

y – ордината дерева, м;

d_{cp} – средний диаметр деревьев формируемого насаждения, м;

C – коэффициент, учитывающий увеличение доступности за счет волока, $C = 1 - (b_b / 2y)$.

С учетом того, что общая площадь коридора, необходимого для беспрепятственной доставки ЗСУ к дереву, включает участки различной кратности перекрытия, многократная доступность дерева, рассчитанная как условное событие, составит

$$P(n) = P(S_n) \left[1 - \prod_{j=1}^n \left(1 - \prod_{i=1}^{n-1} P(S_i) \right) \right].$$

Расчетная площадка ABCD, выделенная на рис. 1, является повторяющейся для ленты, и рассчитанная для нее вероятность может быть распространена на площадь всей ленты.

Для анализа доступности были выполнены расчеты доступности для ВПМ ЛП-19 и нормальных сосновых насаждений 2 класса бонитета разных возрастов при проходных рубках [11–12].

Проходные рубки проектируются в насаждениях хвойных пород в возрасте с 40 лет и выше до возраста приспевающих насаждений [13]. Повторность в чистых и смешанных насаждениях – 10–20 лет, в сложных – 7–15 лет. Интенсивность изреживания в чистых насаждениях – 5–20, в смешанных – 10–20, а в сложных – 5–30 %.

С соблюдением всех условий выбираем следующие сосновые насаждения после проходных рубок (таблица).

Для того чтобы рассчитать доступность деревьев на лесосеке и понять, какие из факторов оказывают на нее наибольшее влияние, был произведен расчет 3 групп насаждений разных возрастов в электронной среде Excel. Его результат отображен на рис. 2.

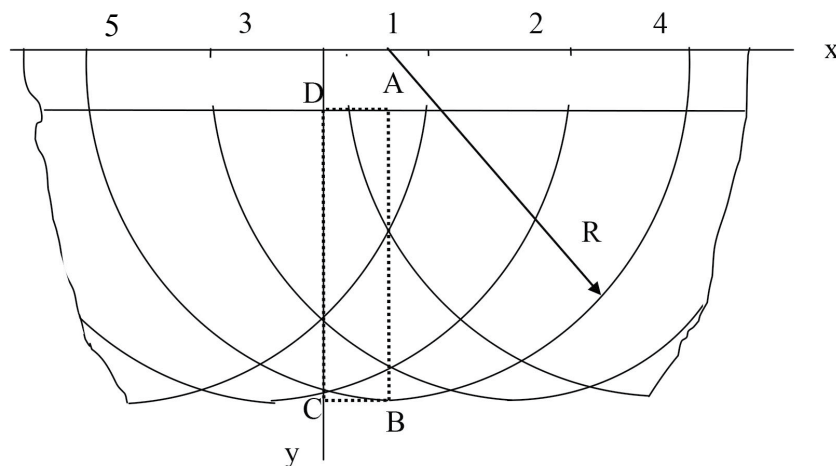


Рис. 1. Расчетная схема для определения доступности дерева при максимальной кратности обработки, равной пяти
 Fig. 1. Calculation scheme for determining the availability of a tree with a maximum processing frequency of five

Сосновые насаждения после проходных рубок
со степенью изреживания 20 %
Pine stands after passage felling with a degree of thinning 20%

Возраст, лет Age, years	Средний диаметр, см Average diameter, sm	Густота, шт/га Density, pcs/ha	Полнота Completeness
40	13,2	1728	0,8
60	19,7	933,6	
80	25,3	616,8	

Достаточный уровень средней доступности может быть достигнут ограничением ширины пасаеки по условию доступности деревьев, отведенных в рубку, значит, по возможности их вырубки или неоставления на пасаеке. При сокращении ширины пасаеки исключаются площади с минимальной кратностью обработки (1, 2 и 3), за счет чего возрастает средневзвешенная доступность деревьев, назначенных в рубку, на пасаеке (рис. 3).

Второй способ увеличения доступности – это сокращение расстояния между стоянками, которое приводит к большему количеству стоянок (кратности). Соответственно, чем больше сокращенное расстояние, тем больше стоянок и тем больше увеличивается доступность (рис. 4).

Выводы

1. Установлена возможность увеличения доступности деревьев, назначенных в рубку, при рубках ухода манипуляторными ВПМ путем сокращения расстояния между рабочими стоянками и уменьшения ширины разрабатываемой ленты за счет ее периферийной части с минимальной кратностью обработки.

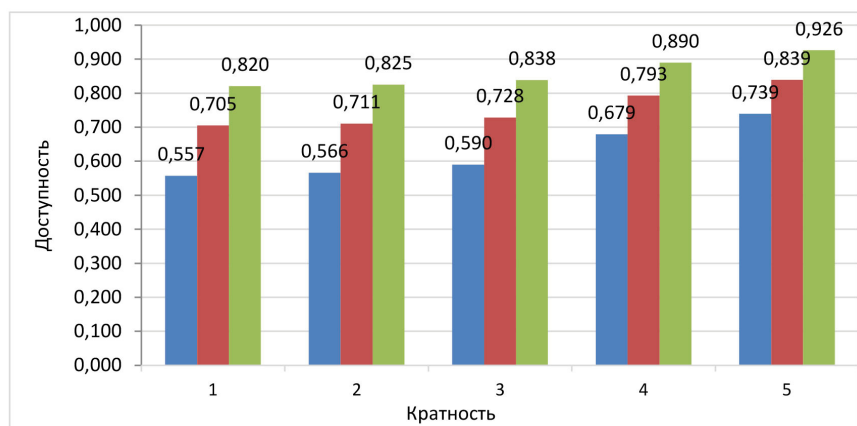


Рис. 2. Зависимость доступности вырубаемых деревьев для ЛП-19 от максимальной кратности обработки при изреживании нормальных сосняков на 20 %

Fig. 2. Dependences of the availability of cut trees for LP-19 on the maximum frequency of processing when thinning normal pine forests by 20 %

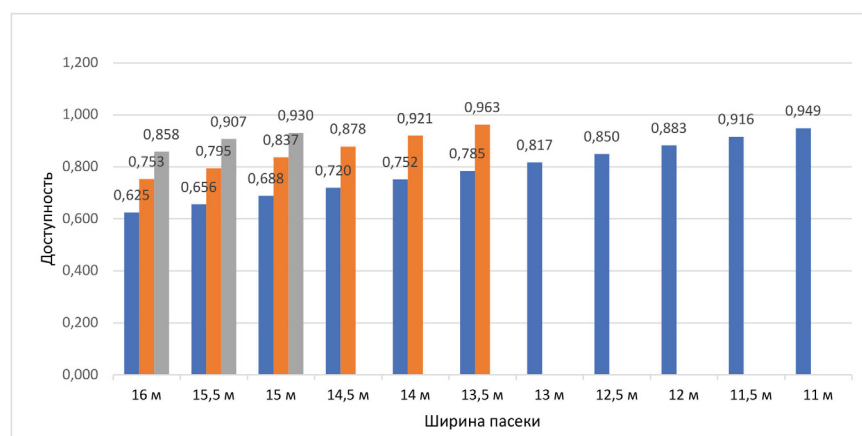


Рис. 3. Средневзвешенная доступность деревьев на ленте при сокращении ширины пасаеки и расстояния между рабочими позициями от 2,7 до 3,2 м

Fig. 3. Weighted average accessibility of trees on the belt with a reduction in the width of the apiary and the distance between working positions from 2,7 to 3,2 m

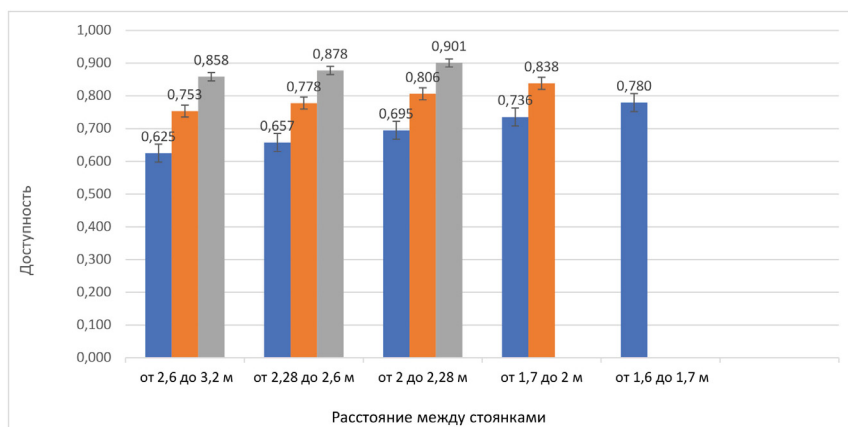


Рис. 4. Средневзвешенная доступность деревьев на ленте при сокращении расстояния между рабочими стоянками и ширине ленты 16 м
Fig. 4. Average weighted accessibility of trees on a belt with a reduction in the distance between working stands and a belt width of 16 m

2. При расстоянии между стоянками от 2,7 до 3,2 м, что соответствует максимальной степени перекрытия 5, для достижения 90 % доступности в 60-летних древостоях лента должна быть не шире 14 м, а в 80-летних – не шире 15 м.

3. При максимальной ширине пасеки доступность выше 90 % в нормальных сосняках 2 класса бонитета при изреживании на 20 % в 60-летних древостоях достигается при расстоянии между стоянками менее 1,7 м, а в 80-летних – менее 2 м.

Библиографический список

1. Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностях заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации: утв. приказом Минприроды России от 01.12.2020 г. № 993. – URL: <http://minjust.consultant.ru>
2. Залесов С. В. Лесоводство. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. – 295 с.
3. Азаренок В. А., Залесов С. В. Экологизированные рубки леса. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 97 с.
4. Сортиментная заготовка древесины / В. А. Азаренок, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов, А. В. Мехренцев. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 140 с.
5. Герц Э. Ф., Залесов С. В. Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки, назначенных в рубку деревьев // Лесн. хоз-во. – 2003. – № 5. – С. 18–25.
6. Азаренок В. А., Безгина Ю. Н., Залесов С. В. Эффективность равномерно-постепенных рубок спелых и перестойных лесонасаждений // Аграрн. вестник Урала. – 2012. – № 8.(100). – С. 58–61.
7. Рациональные параметры технологических элементов пасеки для манипуляторных лесозаготовительных машин / Ю. Н. Безгина, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов, Н. Н. Теринов, А. Ф. Уразова // Хвойные бореальной зоны. – 2018. – № 4. (36). – С. 338–343.
8. Лаптев А. В. Технологические схемы разработки лесосек при выполнении выборочных рубок с использованием многооперационных машин манипуляторного типа // Лесн. вестник. – 2014. – № 2. С. 62–70.
9. Каляшов В. А. Обоснование рациональной технологии несплошных рубок при заготовке сортиментов многооперационными машинами: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Каляшов В. А. – СПб., 2004. – 10 с.
10. Лаптев А. В. Параметры рабочей позиции многооперационной машины манипуляторного типа // Вестник МГУЛ. Лесн. вестник. – 2013. – № 1 (93). – С. 85–91.
11. Чайка О. Р. Методика оценки доступности деревьев для захвата при моделировании работы харвестера // ИВУЗ. Лесн. жур. – 2011. № 2. – С. 91–93.
12. Сюнев В. С. Новые информационные технологии как инструмент оптимального выбора машин для лесозаготовок // ИВУЗ. Лесн. жур. – 2004. – № 1. – С. 124–144.

13. Залесов С. В., Луганский Н. А. Проходные рубки в сосняках Урала. – Свердловск : Изд-во Урал. гос. ун-та, 1989. – 128 с.

Bibliography

1. On the approval of the Rules for timber harvesting and the peculiarities of timber harvesting in the forestries specified in Article 23 of the Forest Code of the Russian Federation : Approved. By order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 01.12.2020. No. 993. – URL: <http://minjust.consultant.ru>
 2. Zalesov S. V. Forestry. – Yekaterinburg : Ural state forestry un-t, 2020. – 295 p.
 3. Azarenok V. A., Zalesov S. V. Eco-friendly forest felling. – Yekaterinburg : Ural state forestry un-t, 2015. – 97 p.
 4. Assortment harvesting of wood / V. A. Azarenok E. F. Hertz, S. V. Zalesov, A. V. Mekhrentsev. – Yekaterinburg : Ural state forestry un-t, 2015. – 140 p.
 5. Hertz E. F., Zalesov S. V. Increase of silvicultural efficiency of non-clear felling by optimizing felling of trees assigned for felling // Forestry. – 2003. – № 5. – P. 18–25.
 6. Azarenok V. A., Bezgina Yu. N., Zalesov S. V. The effectiveness of uniformly gradual felling of mature and over-mature forest stands // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2012. – No. 8 (100). – P. 58–61.
 7. Rational parameters of technological elements of an apiary for manipulator harvesting machines / Ju. N. Bezgina, E. F. Hertz, S. V. Zalesov, N. N. Terinov, A. F. Urazova // Coniferous boreal zones. – 2018. – No. 4. (36). – P. 338–343.
 8. Laptev A. V. Technological schemes for the development of felling areas when performing selective felling using multi-operational machines of the manipulator type // MGUL bulletin. Forest bulletin. – 2014. – No. 2. – P. 62–70.
 9. Kalyashov V. A. Substantiation of rational technology of non-clear cuttings when harvesting assortments with multi-operational machines : author. diss. ... Cand. tech. sciences / Kalyashov V. A. – SPb., 2004. – 10 p.
 10. Laptev A. V. Parameters of the working position of a multioperating machine of manipulator type // MGUL bulletin. Forest bulletin. – 2013. – No. 1 (93). – P. 85–91.
 11. Chaika O. R. Methodology for assessing and accessibility of trees for capture when modeling the work of a harvester // IVUZ. Forest bulletin. – 2011. – No. 2. – P. 91–93.
 12. Syunев V. S. New information technologies as a tool for the optimal choice of machines for logging // IVUZ. Forest Journal. – 2004. – No. 1. – P. 124–144.
 13. Zalesov S. V., Lugansky N. A. Continuous felling in the pine forests of the Urals. – Sverdlovsk : Publishing House Ural state University, 1989. – 128 p.
-
-