

## Обоснование длины выпиленных сортиментов при рубках ухода

Э.Ф. Герц<sup>1a</sup>, А.В. Мехренцев<sup>1b</sup>, А.Ф. Уразова<sup>1c</sup>, А.В. Солдатов<sup>1d</sup>, Н.Н. Теринов<sup>2e</sup>,  
С.В. Залесов<sup>1f</sup>, В.В. Побединский<sup>1g</sup>

<sup>1</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Ботанический сад УрО РАН, ул. 8 Марта, 202, Екатеринбург, Россия

<sup>a</sup> gertsef@m.usfeu.ru, <sup>b</sup> mehrentsevav@m.usfeu.ru, <sup>c</sup> urazovaaf@m.usfeu.ru, <sup>d</sup> soldatovav@m.usfeu.ru,

<sup>e</sup> terinovnn@m.usfeu.ru, <sup>f</sup> zalesovsv@m.usfeu.ru, <sup>g</sup> pobedinskiyv@m.usfeu.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0434-7282>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2186-0152>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2771-2334>,

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0684-8163>, <sup>e</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5936-208X>, <sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>,

<sup>g</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>

Статья поступила 06.09.2023, принята 19.09.2023

*Предложена альтернативная технология выполнения рубок ухода, предусматривающая при разрубке широких пазов возможность перемещения заготовленной древесины к пасечным волокам. В качестве такой альтернативы рассмотрен мини-трактор, возможность перемещения которого под пологом формируемого древостоя определяется не только факторами, характеризующими древостой, но и, наряду с габаритными размерами и маневренностью мини-трактора, длиной выпиленных сортиментов. В качестве примера рассмотрена возможность реализации рубок ухода нормальных сосняков 1б класса бонитета по низовому способу с изреживанием до относительной полноты 0,7. Приведен пример распределения основных таксационных характеристик древостоя в разрезе естественных толщинных групп, а также товарная структура вырубленной части древостоя в диапазоне возраста от 21 до 60 лет. Показана степень использования деловой части стволовой древесины размерных групп вырубленных стволов при разделке на сортименты с длинами от 2 до 4 м. Приведены варианты схем раскряжевки вырубленных групп хлыстов. Предложены альтернативы с заготовкой пиловочника длиной 3 или 4 м и баланс с альтернативными длинами 2, 3 и 4 м. Дополнительно предусмотрены варианты схем раскряжевки с возможностью визуальной сортировки пиловочного и балансового сырья по длине. В качестве критерия для оценки предпочтительности альтернативных схем раскряжевки использованы стоимостные коэффициенты, отражающие относительную стоимость заготовленной древесины.*

**Ключевые слова:** рубки ухода; мини-трактор; широкие пазы; длина сортиментов.

## Substantiation of the length of sawn assortments during thinning

E.F. Hertz<sup>1a</sup>, A.V. Mekhrentsev<sup>1b</sup>, A.F. Urazova<sup>1c</sup>, A.V. Soldatov<sup>1d</sup>, N.N. Terinov<sup>2e</sup>,  
S.V. Zalesov<sup>1f</sup>, V.V. Pobedinsky<sup>1g</sup>

<sup>1</sup> Ural State Forestry Engineering University; 37, Siberian Tract St., Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Botanical Garden of the Ural Branch of the RAS; 202, 8 Marta St., Ekaterinburg, Russia

<sup>a</sup> gertsef@m.usfeu.ru, <sup>b</sup> mehrentsevav@m.usfeu.ru, <sup>c</sup> urazovaaf@m.usfeu.ru, <sup>d</sup> soldatovav@m.usfeu.ru,

<sup>e</sup> terinovnn@m.usfeu.ru, <sup>f</sup> zalesovsv@m.usfeu.ru, <sup>g</sup> pobedinskiyv@m.usfeu.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0434-7282>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2186-0152>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2771-2334>,

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0684-8163>, <sup>e</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5936-208X>, <sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3779-410x>,

<sup>g</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>

Received 06.09.2023, accepted 19.09.2023

*An alternative technology for performing thinning is proposed, which, when cutting wide forest swaths, provides for the possibility of moving harvested wood to skid roads. As such an alternative, a mini-tractor is considered, the ability of which to move under the canopy of the formed forest stand is determined not only by the factors characterizing the forest stand, but also its overall dimensions and maneuverability and the length of the sawn assortments. As an example, the possibility of implementing the thinning of common pine forests of 1b quality class according to the grassroots method with thinning to a relative density of 0.7 is considered. An example of the distribution of the main taxation characteristics of a forest stand in the context of natural thickness groups, as well as the commodity structure of the cut down part of the forest stand in the age range of the stand from 21 to 60 years, are given. The degree of use of the business part of the stem wood of the size groups of cut trunks is shown when cutting into assortments with lengths from 2 to 4 meters. Variants of cross-cutting programs for cut down groups of whips are given. Alternatives are proposed with a sawlog harvesting 3 or 4 meters long and pulpwood with alternative lengths of 2, 3 and 4 meters. Additionally, options for cross-cutting programs are provided with the possibility of visual sorting of sawn and balance raw materials by length. As a criterion for assessing the preference for alternative crosscutting programs, cost coefficients are used that reflect the relative cost of harvested wood.*

**Key words:** thinning; mini tractor; wide forest swaths; assortment length.

**Введение** Переход на интенсивную модель лесопользования предполагает качественное выполнение комплекса мероприятий по воспроизводству и уходу за древостоем [1]. Выполнение рубок ухода, предшествующих финальному мероприятию лесохозяйственного цикла — заготовке древесины — сопровождается получением некоторого объема товарной древесины. При этом необходимо учитывать специфику таких рубок. Прежде всего, это необходимость доставки заготовленной древесины к транспортным путям для складирования и дальнейшей вывозки к пунктам потребления или переработки. Современные манипуляторные лесозаготовительные машины (ЛЗМ) и пасечные технологии рубок, получившие широкое распространение и учитывающие широкий диапазон изменчивости характеристик лесного фонда, обеспечивают приемлемый уровень лесоводственных требований к качеству финальных рубок при заготовке древесины в спелых и перестойных древостоях, и кроме того, достаточно высокий уровень соблюдения социальных требований к условиям выполнения работ. Однако манипуляторные ЛЗМ не лучшим образом соответствуют проведению рубок ухода, и прежде всего, из-за необходимости формирования густой сети пасечных волоков [2–5].

Для перехода на широкопасечные технологии необходимо обеспечить заготовку деревьев, назначенных в рубку, и перемещение заготовленной древесины к пасечным волокам. Для этого необходимо подобрать машины и (или) оборудование способное перемещаться под пологом формируемого древостоя, обеспечивая минимальное повреждение его компонентов при заготовке и трелевке древесины к пасечным волокам, в зону досягаемости манипуляторных ЛЗМ. Одним из вариантов является дополнение системы машин мини-тракторами. При этом на возможность их перемещения оказывает влияние ряд факторов, характеризующих древостой, а также габаритные размеры и маневренность мини-трактора [6–9]. Существенное влияние на возможность маневрирования мини-трактора между деревьями, оставляемыми на доращивание, оказывает длина выпиливаемых сортиментов [10]. Трелевочные мини-форвардеры успешно используются при малообъемных заготовках леса в зарубежных странах [11–13].

Вместе с тем, различные схемы раскряжевки товарной древесины, получаемой в результате выполнения рубок, оказывают значимое влияние на коммерческий результат рубок. Длина выпиливаемых сортиментов может оказывать существенное влияние на выход товарной древесины [14].

**Обзор исследований.** Рубки ухода (прочистка и проходные рубки) в насаждениях I и II класса бонитета с преобладанием в древостоях хвойных пород проводится в возрасте 21–60 лет, в насаждениях III класса бонитета — в возрасте 41–80 лет. Для расчетов были приняты таксационные характеристики нормальных древостоев 16 класса бонитета из таблиц хода роста по В.В. Загребеву [15]. Установлено, что отбор и назначение деревьев в рубку на основании хозяйственно-биологической классификации, и определение рангового положения деревьев или определение площадей роста дают близкие результаты по интенсивности рубок и обеспечивают после рубки близкие по значению показатели площади роста,

а также равномерность размещения деревьев, суммы площадей сечения, густоты и полноты [16].

Анализ выполнен для нормальных сосняков 16 класса бонитета. Рассмотрен вариант ухода по низовому методу с изреживанием до полноты 0,7. В соответствии с распределением деревьев в насаждении по естественным ступеням толщины (по А.В. Тюрину), для 16 класса бонитета в разрезе возраста проведения рубок ухода построены распределение деревьев по естественным толщинным группам, интегральные функции запаса и площади сечений. Для примера приведен график для 40-летнего сосняка (рис. 1).

Размерные и массовые характеристики сортиментов варьируются в широком диапазоне, в зависимости от назначения и размеров вырубаемых деревьев. Минимальная длина выпиливаемых сортиментов ограничивается их назначением [17; 18]. Такие характеристики древостоя, как возраст и бонитет, в значительной мере определяют его товарную структуру, а значит, наряду с ограничениями ГОСТ, оказывают существенное влияние на схему раскряжевки, обеспечивающую рациональное использование деловой древесины при проведении рубок ухода.

С учетом допустимого ограничения степени изреживания древостоев выполнены расчеты параметров рубки ухода: диаметры толщинных групп деревьев, подлежащих рубке, объем вырубимой древесины (вырубимая часть древостоя), а также приведены таксационные характеристики сформированного древостоя (табл. 1).

Целесообразность отбора деревьев в рубку по низовому методу в нормальных древостоях подтверждается значениями относительной высоты деревьев толщинных групп, назначенных в рубку. Для сосны относительная высота дерева 126 и более, по данным Я.С. Медведева, свидетельствует о крайней форме угнетения [19].

В качестве ограничения возможности хозяйственного использования древесины, заготовленной в процессе рубок ухода, выступает возможность перемещения заготовленной древесины к транспортным путям (волокам). Использование для этих целей мини-тракторов предпочтительно, в сравнении с использованием лебедок, установленных на волоках, поскольку позволяет маневрировать, объезжая деревья и группы деревьев, оставляемые на доращивание. Густота формируемого древостоя, формируемого при рубках различных возрастных групп, накладывает ограничения на длины выпиливаемых сортиментов, что необходимо учитывать при отборе схем раскряжевки. Характеристики древостоя, формируемые при изреживании нормального сосняка 16 класса бонитета в возрасте 21 года, исключают возможность трелевки пешеходноуправляемыми мини-тракторами шириной 1,15 м с полуприцепом без прокладки трелевочных волоков, даже 2-метровых сортиментов. В 30-летних сосняках густота формируемого древостоя и среднее расстояние между деревьями являются граничными для принятых условий беспрепятственного перемещения мини-трактора при трелевке сортиментов длиной 2 м, предполагающих расстояние в 0,5 м с каждой стороны мини-трактора при проходе критических створов. Таким образом, можно заключить, что работа в этих условиях, трелевка 2-метровых

сортиментов, возможна при условии повышенного внимания при проходе критических створов. В 40-летних сосняках густота формируемого древостоя позволяет заготавливать 2-метровые сортименты, а 3-метровые сортименты можно трелевать только при условии вырубке мешающих деревьев при прохождении критических створов. При рубках в древостоях 50-ти и 60-ти лет допустимые для трелевки длины сортиментов мини-тракторами, работающими под пологом древостоя, без рисков повреждения деревьев, оставляемых на дорастивание, составляют соответственно 3 и 4 м [10].

Товарная структура и длины сортиментных зон групп вырубаемых хлыстов при проведении рубок ухода представлены в табл. 2.

Для формирования рациональных схем раскряжевки для каждой вырубаемой группы хлыстов могут использоваться организационно-технологические и экономические критерии. В качестве организационно-технологического критерия принята возможность визуальной сортировки по длине балансов и пиловочника при необходимости сортировки на лесосеке, а в качестве экономических критериев — полнота использования деловой части хлыста в целом и полнота использования товарной стоимости (С) пиловочной зоны, учитывающей толщинные группы:

$$\sum_{i=1}^n C_i \times V_i \rightarrow \max;$$

где  $C_z$  — стоимость сортимента,  $p$ ;  $V_i$  — объем  $i$ -го сортимента,  $m^3$ .

Варианты схем раскряжевки групп хлыстов составлены с учетом максимально полного использования деловой части ствола и минимальным набором выпиливаемых длин сортиментов [20]. При этом в схемах раскряжки каждой группы хлыстов, вырубаемых в процессе рубок

ухода, рассмотрены варианты с 1 или 2 длинами. При выпиливании сортиментов одной длины предполагается либо отсутствие необходимости сортировки вследствие выхода только одного вида сортиментов — балансов, либо сортировка за пределами лесосеки. При производстве пиловочника и балансов разной длины упрощается их сортировка на этапе трелевки и штабелевки. Варианты схем раскряжевки групп хлыстов, подлежащих рубке при проведении рубок ухода в различных возрастах, представлены в табл. 4.

При выполнении перечисленных ограничений и критериев программы раскряжевки для всех вырубаемых групп хлыстов при рубках ухода в сосняках 21 и 30 лет безальтернативны. Отсутствие пиловочной зоны и густоты формируемых древостоев исключают возможность перемещения мини-тракторов с сортиментами длиннее 2 м. Перемещение мини-трактора с 3-метровыми сортиментами возможно только при условии удаления некоторого числа мешающих деревьев, которое может быть оценено по следующим условиям:

- в 40-летних сосняках доля и длина пиловочной зоны 31 % и 6 м соответственно служат обоснованием для производства пиловочника длиной 3 м;
- в 50-летних сосняках группы хлыстов № 15 и 16 длины пиловочной зоны 8,2 и 12,5 м соответственно будут наилучшим образом использованы при длине пиловочных бревен 4 м;
- в сосняках 60 лет длина пиловочных бревен 4 м предпочтительна, поскольку позволяет рационально использовать две имеющиеся толщинные группы пиловочной зоны.

В табл. 4 представлены альтернативные схемы раскряжевки с производством балансов 2-, 3- и 4-метровой длины.

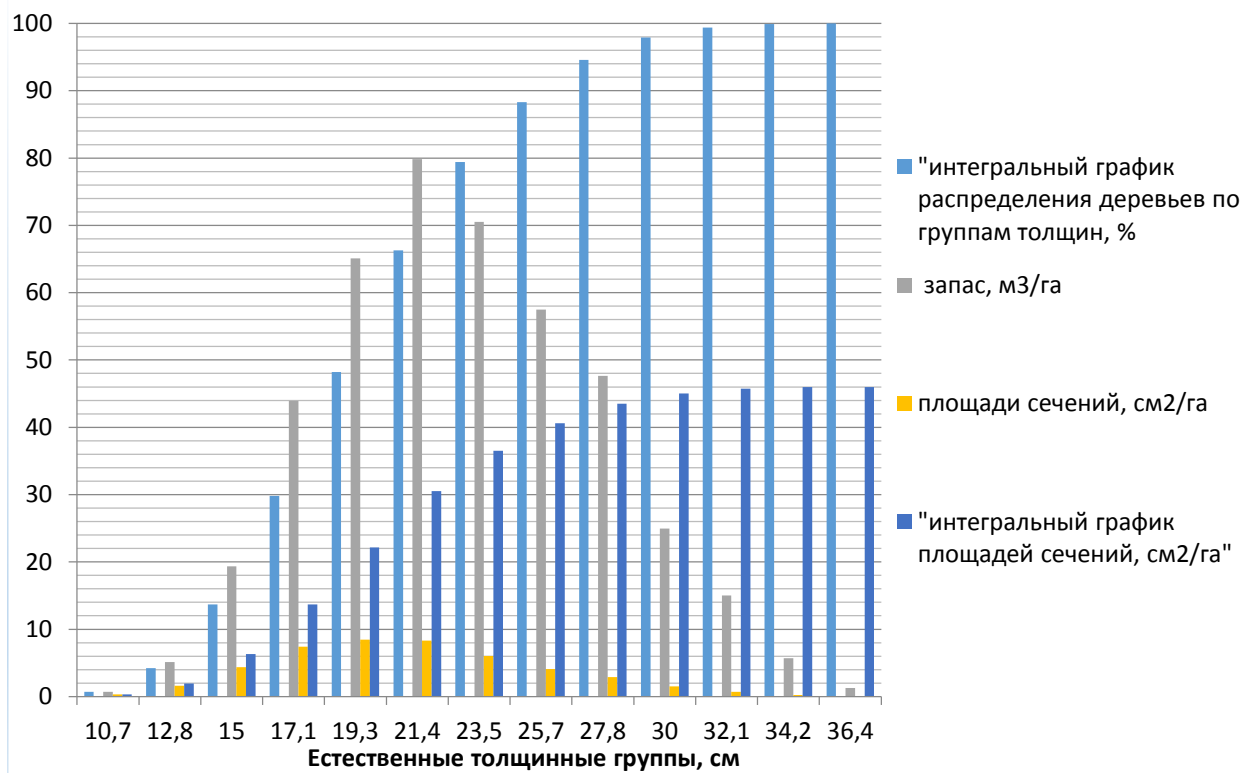


Рис. 1. Таксационные характеристики древостоя 40-летнего сосняка в разрезе естественных толщинных групп

**Таблица 1.** Программа рубок ухода в нормальных сосняках 1б класса бонитета

Рубка в возрасте, лет	Древостой до рубки				Вырубаемая часть древостоя							Древостой после рубки						
	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, см <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Число стволов, шт./га	Группа хлыстов	Ступени толщины, см	Средняя высота, м	Средний объем дерева, м <sup>3</sup>	Запас, м <sup>3</sup> /га	Стволов, шт./га	Относительная высота дерева	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, см <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Число стволов, шт./га	Среднее расстояние между деревьями, м
21	11,4	10,8	30,3	177	3 293	1	5,4	9,1	0,01	0,3	23	168	11,6	11,7	21,3	149	2312	2,2
						2	6,5	9,7	0,02	2,1	115	149						
						3	7,6	10,1	0,02	7,8	313	133						
						4	8,6	10,6	0,03	17,6	530	123						
30	16,9	16,2	39,2	307	1 903	5	8,1	13,5	0,04	0,5	13	167	17,2	17,5	27,5	259	1336	3,0
						6	9,7	14,4	0,05	3,6	67	148						
						7	11,3	15,0	0,07	13,5	181	133						
						8	13,0	15,7	0,10	30,6	306	121						
40	21,6	21,4	46,0	441	1 279	9	10,7	17,3	0,08	0,7	9	162	22,0	23,1	32,3	372	897	3,6
						10	12,8	18,4	0,11	5,1	45	144						
						11	15,0	19,2	0,16	19,4	122	128						
						12	17,1	20,1	0,21	43,9	206	118						
50	25,5	26,4	50,7	562	927	13	12,8	21,2	0,13	0,9	6	166	26,8	27,5	35,6	474	652	4,2
						14	15,3	22,4	0,20	6,5	32	146						
						15	17,9	23,5	0,28	24,7	88	131						
						16	20,4	24,6	0,38	56,0	149	120						
60	28,7	31,0	53,6	658	710	17	15,5	23,0	0,20	1,0	5	148	29,2	33,4	37,6	555	499	4,8
						18	18,6	24,4	0,31	7,6	25	131						
						19	21,7	25,5	0,43	28,9	67	118						
						20	24,8	26,7	0,57	65,6	114	108						

**Таблица 2.** Товарная структура вырубаемых хлыстов

Возраст рубки, лет	Группа хлыстов	Длина деловой части ствола, м	Длина балансовой зоны, м	Длина пиловочной зоны 1 (d = 14–20 см), м	Длина пиловочной зоны 2 (d ≥ 20 см), м	Товарная структура, %				Деловая древесина, %
						Балансовая зона	Пиловочная зона 1	Пиловочная зона 2	Отходы	
21	1	0	0	0	0	0	0	0	100	58,1
	2	1,0	1,0	0	0	13,5	0	0	86,5	
	3	3,0	3,0	0	0	51,1	0	0	48,9	
	4	5,3	5,3	0	0	67,8	0	0	32,2	
30	5	5,2	5,2	0	0	52,2	0	0	47,8	86,7
	6	8,6	8,6	0	0	79,8	0	0	20,2	
	7	10,7	10,7	0	0	85,5	0	0	14,5	
	8	12,1	12,1	0	0	88,4	0	0	11,6	
40	9	11,1	11,1	0	0	79,3	0	0	20,7	91,9
	10	14,0	14,0	0	0	86,6	0	0	13,4	
	11	15,7	15,7	0	0	90,0	0	0	10,0	
	12	17,7	11,7	6,0	0	43,6	49,7	0	6,7	
50	13	15,9	15,9	0	0	85,1	0	0	14,9	92,4
	14	18,6	16,4	2,2	0	68,5	18,9	0	12,6	
	15	21,1	12,9	8,2	0	40,6	52,0	0	7,4	
	16	22,3	9,8	12,5	0	19,5	73,3	0	7,2	
60	17	18,9	16,1	2,8	0	72,3	19,8	0	7,9	97,9
	18	22,0	12,0	10,0	0	33,7	60,1	0	6,2	
	19	23,4	9,4	11,2	2,8	20,2	56,0	20,0	3,8	
	20	25,4	8,3	8,8	8,3	12,5	36,3	50,5	0,7	

Полнота использования деловой части стволов и стоимостный выход продукции приведены в табл. 4.

Дополнительным критерием оценки предпочтительности схемы раскряжки при проведении рубок ухода является стоимость заготовленной древесины. Для оценки предпочтительности схемы раскряжки воспользуемся стоимостными коэффициентами, отражающими их

относительную стоимость. В данном случае в качестве базового сортимента с коэффициентом 1 принята стоимость сосновых балансов для производства целлюлозы длиной 2 м и более и диаметром от 6 до 16 см 1-го, 2-го сорта [21]. Для пиловочника диаметром 14–18 см коэффициент составит 1,04, для диаметра 20–24 см — 1,15.

**Таблица 3.** Варианты схем раскряжевки хлыстов при выполнении рубок ухода

Группа хлыстов, №	Длина деловой части, в том числе пиловочная 1 и 2, м	Схемы раскряжевки		
		Балансы 2 м	Балансы 3 м	Балансы 4 м
5	5,2 / –	2–2	–	–
6	8,6 / –	2–2–2–2	–	–
7	10,7 / –	2–2–2–2–2	–	–
8	12,1 / –	2–2–2–2–2–2	–	–
9	11,1 / –	2–2–2–2–2	3–3–3	–
10	14,0 / –	2–2–2–2–2–2–2	3–3–3–3	–
11	15,7 / –	2–2–2–2–2–2–2	3–3–3–3–3	–
12	17,7 / 6,0	3–3–2–2–2–2–2	3–3–3–3–3	–
13	15,9 / –	2–2–2–2–2–2–2	3–3–3–3–3	–
14	18,6 / 2,2	2–2–2–2–2–2–2–2	3–3–3–3–3–3	–
15	21,2 / 8,2	4–4–2–2–2–2–2–2	4–4–3–3–3–3	–
16	22,4 / 12,5	4–4–4–2–2–2–2–2	4–4–4–3–3–3	–
17	18,9 / 2,8	2–2–2–2–2–2–2–2–2	3–3–3–3–3–3	4–4–4–4
18	22,0 / 10,0	4–4–2–2–2–2–2–2–2	4–4–3–3–3–3	4–4–4–4–4
19	23,5 / 11,2 и 2,8	4–4–4–2–2–2–2–2–2	4–4–4–3–3–3	4–4–4–4–4
20	25,4 / 8,8 и 8,3	4–4–4–4–2–2–2–2–2	4–4–4–4–3–3–3	4–4–4–4–4–4

**Таблица 4.** Выход деловой древесины, относительная стоимость и число выпиливаемых сортиментов

Возраст древостоя, лет	Качественные и количественные показатели								
	Балансы 2 м			Балансы 3 м			Балансы 4 м		
	Деловая, %	Стоимость	Число сортиментов, шт.	Деловая, %	Стоимость	Число сортиментов, шт.	Деловая, %	Стоимость	Число сортиментов, шт.
30	81,5	39,3	3 035	–	–	–	–	–	–
40	86,8	60,8	2 656	85,7	60,0	1 847	–	–	–
50	89,6	80,9	2 026	89,3	80,7	1 644	–	–	–
60	94,1	103,5	1 785	93,3	102,9	1 380	93,2	102,6	1 164

Увеличение длины выпиливаемых балансов приводит к увеличению доли отходов при увеличении длины выпиливаемых балансов на 1 м за счет нерационального использования балансовой зоны хлыстов на величину от 0,1 до 1,6 %, а потери стоимость продукции — на 0,003–0,016 %.

При этом общее число выпиливаемых сортиментов в 40-летних древостоях при заготовке 3-метровых балансов уменьшается на 30 %, а в 60-летних древостоях при выпилке 4-метровых, а не 2-метровых, балансов — на 34,8 %.

Очевидно, что уменьшение числа выпиливаемых сортиментов обуславливает повышение производительности на раскряжевке за счет уменьшения числа

резов и на трелевке — за счет уменьшения числа грузовых единиц.

**Заключение.** Увеличение длины сортиментов, выпиливаемых «у пня», от 2 до 4 м не оказывает существенное влияние на степень использования деловой части стволов. Выход деловой древесины варьирует в пределах 1 %, а уменьшение стоимости заготовленных сортиментов в 60 лет при увеличении длины выпиливаемых балансов от 2 до 4 м составит 0,9 %. Максимальная доля деловой части стволов в отходах составляет в 60-летних сосняках 4,7 %.

При рубках ухода в сосняках 16 бонитета выход пиловочника и, соответственно, производство сортиментов длиной более 3 м целесообразно только в древостоях старше 50 лет.

#### Литература

- Правила ухода за лесами: утверждены приказом Минприроды России от 30.07.2020 № 534 [Электронный ресурс]. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-minprirody-rossii-ot-30072020-n-534/pravila-ukhoda-za-lesami/?ysclid=ljofuk5ha2398602003> (дата обращения: 19.08.2023).
- Лаптев А.В. Технологические схемы разработки лесосек при выполнении выборочных рубок с использованием многооперационных машин манипуляторного типа // Вестн. Московского гос. ун-та леса. Лесной вестн. 2014. Т. 18. № S2. С. 62–69.
- Лаптев А.В., Макаренко А.В., Быковский М.А. Определение зоны эффективной работы многооперационной лесозаготовительной машины манипуляторного типа // Науч.-технический вестн. Поволжья. 2015. № 6. С. 170–172.
- Герц Э.Ф., Безгина Ю.Н., Иванов В.В., Крюк В.И. Вероятность заготовки деревьев при выборочных рубках манипуляторной машиной // Леса России и хозяйство в них. 2014. № 2 (49). С. 40–42.
- Прядкин В.И. Экономическая оценка экологического ущерба от применения агрегатных машин на рубках ухода // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем

- управления лесного комплекса: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж, 2001. С. 19-22.
6. Иванов Н.А. Профильная проходимость легких колесных вездеходов под пологом леса // Вестн. КрасГАУ. 2012. № 2 (65). С. 202-207.
  7. Уразова А.Ф., Герц Э.Ф. Рациональная организация рубок ухода с использованием бензомоторной пилы и мини-трактора // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 4 (83). С. 82-87.
  8. Безгина Ю.Н., Герц Э.Ф., Иванов В.В., Перепечина Т.А., Уразова А.Ф., Теринов Н.Н. Какое шасси нужно машине, работающей под пологом древостоя? // Леса России и хозяйство в них. 2014. № 2 (49). С. 30-32.
  9. Мясищев Д.Г. Малая механизация для трелевки при рубках ухода: моногр. Архангельск, 2008. 119 с.
  10. Герц Э.Ф., Мехренцев А.В., Теринов Н.Н., Уразова А.Ф. Обоснование технологических параметров процесса трелевки древесины мини-трактором при проходных рубках // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. 2022. № 6 (390). С. 126-138.
  11. Семин И.А. Малогабаритные лесозаготовительные машины Скандинавских стран. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1999. 10 с.
  12. Allen R., Hurst J., Wiser S., Easdale T. Developing Management Systems for the Production of Beech Timber // New Zealand Journal of Forestry. 2012. V. 57. № 2. P. 38-44.
  13. McEwan A., Brink M., van Zyl S. Guidelines for Difficult Terrain Ground Based Harvesting Operations in South Africa. ICFR Bulletin. 2013. № 02. 149 p.
  14. Трояновская И.П. Механика криволинейного движения тракторных агрегатов: моногр. Челябинск, 2009. 152 с.
  15. Загреб В.И., Сухих А.З., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалева А.Г. Справочник. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / под. ред. О.А. Кочетовой. М.: Колос, 1992. 495 с.
  16. Иванов В.В., Борисов А.Н., Петренко А.Е., Собачкин Р.С., Собачкин Д.С. Методологические подходы к повышению эффективности рубок ухода // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30. № 3-4. С. 259-264.
  17. ГОСТ 9463-2016. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. М., Стандартинформ, 2016. 7 с.
  18. Плющ В.П. Оптимизация схем раскряжевки хлыстов листовенных пород: автореф. ... канд. техн. наук. Химки, 1987. 21 с.
  19. Медведев Я.С. Опыт исследования гущины леса. СПб.: тип. СПб. градоначальства, 1910. 72 с.
  20. Петровский В.С. Оптимальная раскряжевка лесоматериалов. 2-изд., перераб. и доп. М.: Лесная пром-сть, 1989. 288 с.
  21. Прейскурант № 07-03. Оптовые цены на лесопroduкцию (включая дрова). М.: Прейскурантиздат, 1988. 61 с.
- References*
1. Rules for forest care Approved by the order of the Ministry of Natural Resources of Russia from 30.07.2020 N 534 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-minprirody-rossii-ot-30072020-n-534/pravila-ukhoda-zalesami/?ysclid=ljofuk5ha2398602003> (data obrashcheniya: 19.08.2023).
  2. Laptev A.V. Technological schemes for the development of harvesting areas when performing selective logging using multi-operator machines of manipulator type // Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik. 2014. V. 18. № S2. P. 62-69.
  3. Laptev A.V., Makarenko A.V., Bykovskij M.A. Determination of the zone of effective operation of a multi-operational forestry machine of manipulator type // Scientific and Technical Volga region Bulletin. 2015. № 6. P. 170-172.
  4. Gerc E.F., Bezgina YU.N., Ivanov V.V., Kryuk V.I. Probability of tree harvesting during selective logging by a manipulator machine // The Woods of Russia and economy in them. 2014. № 2 (49). P. 40-42.
  5. Pryadkin V.I. Economic assessment of environmental damage from the use of aggregate machines on thinning // Matematicheskoe modelirovanie, komp'yuternaya optimizaciya tekhnologij, parametrov oborudovaniya i sistem upravleniya lesnogo kompleksa: mezhvuz. sb. nauch. tr. Voronezh, 2001. P. 19-22.
  6. Ivanov N.A. Profile passability of light wheeled all-terrain vehicles under the forest canopy // The Bulletin of KrasGAU. 2012. № 2 (65). P. 202-207.
  7. Urazova A.F., Gerc E.F. Rational organization of thinning with the use of a chain saw and mini-tractor // The Woods of Russia and economy in them. 2022. № 4 (83). P. 82-87.
  8. Bezgina YU.N., Gerc E.F., Ivanov V.V., Perepechina T.A., Urazova A.F., Terinov N.N. What kind of chassis is needed for the machine working under the stand canopy? // The Woods of Russia and economy in them. 2014. № 2 (49). P. 30-32.
  9. Myasishchev D.G. Small-scale mechanization for skidding during thinning maintenance (in Russian): monogr. Arhangel'sk, 2008. 119 p.
  10. Gerc E.F., Mekhrencev A.V., Terinov N.N., Urazova A.F. Justification of the technological parameters of the process of wood skidding by a mini-tractor at the passing cuttings (in Russian) // Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry journal). 2022. № 6 (390). P. 126-138.
  11. Semin I.A. Small-size logging machines of the Scandinavian countries. M.: VNIPIEIllesprom, 1999. 10 p.
  12. Allen R., Hurst J., Wiser S., Easdale T. Developing Management Systems for the Production of Beech Timber // New Zealand Journal of Forestry. 2012. V. 57. № 2. P. 38-44.
  13. McEwan A., Brink M., van Zyl S. Guidelines for Difficult Terrain Ground Based Harvesting Operations in South Africa. ICFR Bulletin. 2013. № 02. 149 p.
  14. Troyanovskaya I.P. Mechanics of curvilinear motion of tractor units: monogr. CHelyabinsk, 2009. 152 p.
  15. Zagreev V.I., Suhih A.Z., SHvidenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.G. Reference book. All-Union norms for forest taxation / pod. red. O.A. Kochetovoj. M.: Kolos, 1992. 495 p.
  16. Ivanov V.V., Borisov A.N., Petrenko A.E., Sobachkin R.S., Sobachkin D.S. Methodological approaches to improving the efficiency of thinning // Conifers of the boreal area. 2012. V. 30. № 3-4. P. 259-264.
  17. ГОСТ 9463-2016. Round coniferous timber. Technical conditions. M., Standartinform, 2016. 7 p.
  18. Plyushch V.P. Optimization of schemes of bucking of hardwood logs: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. Himki, 1987. 21 p.
  19. Medvedev YA.S. The experience of exploring the thicket of the forest. SPb.: tip. SPb. gradonachal'stva, 1910. 72 p.
  20. Petrovskij V.S. Optimal bucking of timber. 2-izd., pererab. i dop. M.: Lesnaya prom-st', 1989. 288 p.
  21. Prejskurant № 07-03. Wholesale prices for timber products (including firewood). M.: Prejskurantizdat, 1988. 61 p.