



УДК 630*375.4+630*243

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.87

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОХОДНЫХ РУБКАХ В УРАЛЬСКОМ УЧЕБНОМ ОПЫТНОМ ЛЕСХОЗЕ УГЛТУ*

Н.Н. Теринов, д-р с.-х. наук, вед. науч. сотр.

Э.Ф. Герц, д-р техн. наук, проф.

А.В. Мехренцев, канд. техн. наук, проф.

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, д. 37,
г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: n_n_terinov@mail.ru, gerz.e@mail.ru,
mehrentsev@yandex.ru

В статье рассмотрен опыт проведения проходной рубки с использованием на трелевке леса мини-трактора, который оборудован водительским местом, укомплектован барабанной лебедкой (длина троса 20 м) и тележкой, предназначенной для транспортировки сортиментов длиной 2...6 м. Работы проводились в высокополнотном чистом средневозрастном сосняке. Площадь лесосеки – 1,8 га. Участок характеризуется сложным микрорельефом и развитой дорожно-тропиночной сетью. Запланированная интенсивность рубки – 12,0 % от исходного запаса древостоя, фактическая – 13,3 %, что соответствует параметрам выборочной рубки слабой интенсивности. Расстояние трелевки заготовленной древесины в виде сортиментов в среднем составляло 30 м. Весь комплекс работ от валки до трелевки заготовленной древесины и уборки порубочных остатков осуществлялся одним человеком. Применялась безопасная технология разработки лесосеки. Исследовались два варианта заготовки древесины: первый предусматривал загрузку одного разрезанного ствола дерева, вершины и крупных ветвей на тележку и их транспортировку к месту погрузки; второй – поочередное перемещение сортиментов лебедкой мини-трактора к месту погрузки. Установлено, что общие затраты времени, необходимые на заготовку одного дерева, в среднем 21...22 мин, на сбор и складирование порубочных остатков – дополнительно 2...10 мин. В обоих вариантах заготовки при основном количестве вырубаемых деревьев с диаметром на высоте груди 12...16 см производительность мини-трактора на трелевке ликвидной древесины составила 0,5 м³/ч. При увеличении диаметра вырубаемых деревьев до 28...30 см производительность мини-трактора повысилась до 1,1 м³/ч. Высказано предположение, что производительность мини-трактора может быть увеличена за счет сокращения пеших переходов оператора, что достигается установкой системы дистанционного управления лебедкой. Первый вариант с трелевкой только одного ствола с кроной наиболее предпочтителен при очень слабой и слабой интенсивности выборочной рубки, безопасной техноло-

*Выполнение исследования поддержано внутривузовским грантом Уральского государственного лесотехнического университета.

Для цитирования: Теринов Н.Н., Герц Э.Ф., Мехренцев А.В. Применение природосберегающих технологий на проходных рубках в Уральском учебном опытном лесхозе УГЛТУ // Лесн. журн. 2018. № 4. С. 87–96. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.87

гии разработки лесосеки и диаметре вырубаемых деревьев на высоте груди не ниже 20 см. Вторым вариантом, когда мини-трактор используется в качестве самоходной лебедки, имеет смысл, если расстояние трелевки не превышает 15...20 м, т. е. имеется ограничение по длине троса лебедки. Установлено, что наименее продолжительной операцией технологического процесса является валка дерева, самой продолжительной – погрузка сортиментов, вершины и крупных ветвей дерева на тракторную тележку. На них расходуется соответственно 5,6 и 39,4 % от общих затрат времени. На операции, связанные только с работой мини-трактора (холостой ход, погрузка, грузовой ход и разгрузка), приходится 78,0 %.

Ключевые слова: проходные рубки, мини-трактор, трелевка леса, производительность.

Введение

Одним из сдерживающих факторов, препятствующих проведению рубок ухода в средневозрастных и рубок переформирования в приспевающих древостоях в полном объеме, является отсутствие специализированного оборудования на лесных предприятиях. Примером такого оборудования могут служить трелевочные мини-тракторы, получившие широкое распространение в зарубежных странах [3, 5–9]. Их роль в сохранении природной среды сложно переоценить [11]. По нашему мнению, в ближайшей перспективе подобное оборудование найдет свое применение в России, и в первую очередь в защитных лесах. Со своей стороны Уральский государственный лесотехнический университет (УГЛТУ) принимает активное участие в популяризации природосберегающих технологий, включая данную тематику в программы выставок, семинаров, образовательной деятельности и научных исследований. Наряду с первоочередным решением экологических задач необходимо помнить и об экономической составляющей. В отечественной научной литературе довольно скудно освещен вопрос об установлении производительности мини-тракторов в конкретных производственных условиях. Данные такого характера при планировании и проведении хозяйственных мероприятий помогут использовать эту технику с максимальным эффектом [10]. Цель исследования – определение производительности мини-трактора в разных режимах работы на проходных рубках.

Объекты и методы исследования

Исследования с применением природосберегающих технологий проводились на территории Уральского учебного опытного лесхоза, являющегося структурным подразделением УГЛТУ. Объект исследования – участок в 85-летнем высокобонитетном, высокополнотном сосняке ягодниковом, расположенном в квартале 38, выделе 23 участка Северский Билимбаевского лесничества, отведенный под выборочную (проходную) рубку. Площадь лесосеки составляла 1,8 га. Участок характеризуется значительным количеством микроповышений и микропонижений, имеющих искусственное происхождение, и развитой дорожно-тропиночной сетью. Запланированная интенсивность рубки – 12 % от исходного запаса древостоя. На всей площади лесосеки был произведен сплошной пересчет деревьев, измерены высоты у 56 модельных деревьев сосен и у 25 берез. Подрост определялся методом круговых площадок радиусом 1,78 м. На них фиксировалась древесная порода и ее вы-

сота. Всего заложено 120 учетных площадок общей площадью 0,012 га. Данные измерений использовались для уточнения таксационной характеристики древостоя. Проходная рубка осуществлялась с помощью бензомоторной пилы «Stihl-250». При трелевке заготовленной древесины использовался лабораторный образец мини-трактора МТР-1 (рис. 1), созданный при участии сотрудников УГЛТУ. На мини-трактор установлен четырехтактный двигатель мощностью 7 л. с. Механизм оборудован водительским местом и укомплектован технологическим оборудованием, включающим лебедку (длина троса 20 м) и тележку, предназначенную для транспортировки сортиментов длиной 2...6 м. Масса мини-трактора около 300 кг создает удельное давление на почву не более 0,15 кг/см². Промышленные испытания мини-трактора при проведении выборочной санитарной рубки показали удовлетворительные результаты с точки зрения сохранения природной среды [4].



Рис. 1. Лабораторный образец мини-трактора МТР-1

В нашем эксперименте весь комплекс работ от валки (включая отбор деревьев и их назначение в рубку) до складирования сортиментов и порубочных остатков осуществлял 1 рабочий. Деловая древесина раскряжевывалась на сортименты длиной 3 и 6 м, дровяная – на отрезки по 4 м. Работа была организована таким образом, чтобы вся древесина одного дерева, включая лесосечные отходы (вершину и крупные сучья), загружалась на тележку мини-трактора для транспортировки к месту складирования. Трактор перемещался по площади лесосеки, маневрируя между деревьями, оставляемыми на доращивание, и жизнеспособным подростом.

Развитая дорожно-тропиночная сеть на лесосеке и ее примыкание к имеющимся лесным дорогам позволили реализовать вариант перемещения заготовленной древесины на расстояние, не превышающее длину троса лебедки, смонтированной на мини-тракторе. В таком случае мини-трактор устанавливался на дороге, а 6-метровые сортименты подтягивались тросом лебедки

из достигаемой части лесосеки и укладывались в штабель. При этом предполагалось, что выпадение операций погрузки сортиментов на тележку, их транспортировки и разгрузки позволит ускорить процесс лесозаготовки.

Хронометрические наблюдения по заготовке древесины с использованием мини-трактора МТР-1 проводились по операциям, которые включали в себя отбор деревьев в рубку и их валку, раскряжевку и обрезку сучьев, погрузку, транспортировку, разгрузку заготовленных сортиментов и складирование порубочных остатков в кучи.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенной работы была уточнена таксационная характеристика древостоя, она ожидаемо отличается от данных последнего лесоустройства 2003 г. (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение таксационных характеристик древостоя до рубки по данным лесоустройства с фактически установленными в сосняке ягодниковом (Билимбаевское лесничество, участок Северский, квартал 38, выдел 23)

Показатель	Данные лесоустройства 2003 г.	Установленные в 2016 г. характеристики
Состав	8С2Б+С	9С1Б, ед. Е, Ос
Средняя высота, м	21	25
Средний диаметр, см	22	24
Полнота:		
относительная	0,80	0,95
абсолютная, м ² /га	–	32,3
Класс бонитета	I	I
Запас, м ³ /га	330	365
Подрост и самосев:		
состав	–	6Е4С
высота (ель/сосна), м	–	2,0/0,2
возраст (ель/сосна), лет	–	30/3
количество, тыс. экз./га	–	0,5

Изменения среднего диаметра, высоты и полноты древостоя, произошедшие за 12 лет, привели к увеличению его запаса на 68 м³/га. В отличие от лесоустройства 2003 г. на таксационном выделе зафиксирован елово-сосновый подрост и самосев в количестве 0,5 тыс. экз./га. Проходная рубка в древостое осуществлялась в летний период согласно действующим правилам ухода за лесом [2]. В первую очередь вырубались засыхающие и сухостойные деревья, во вторую – отставшие в росте, с редкой неравномерно развитой кроной и искривленным стволом. Соблюдалось условие равномерного размещения деревьев по площади выдела. По данным перечета деревьев, было вырублено 87,4 м³, что составило 13,3 % от исходного запаса древостоя на лесосеке. Распределение деревьев (в том числе вырубленных) по ступеням толщины на лесосеке проходной рубки представлено на рис. 2.

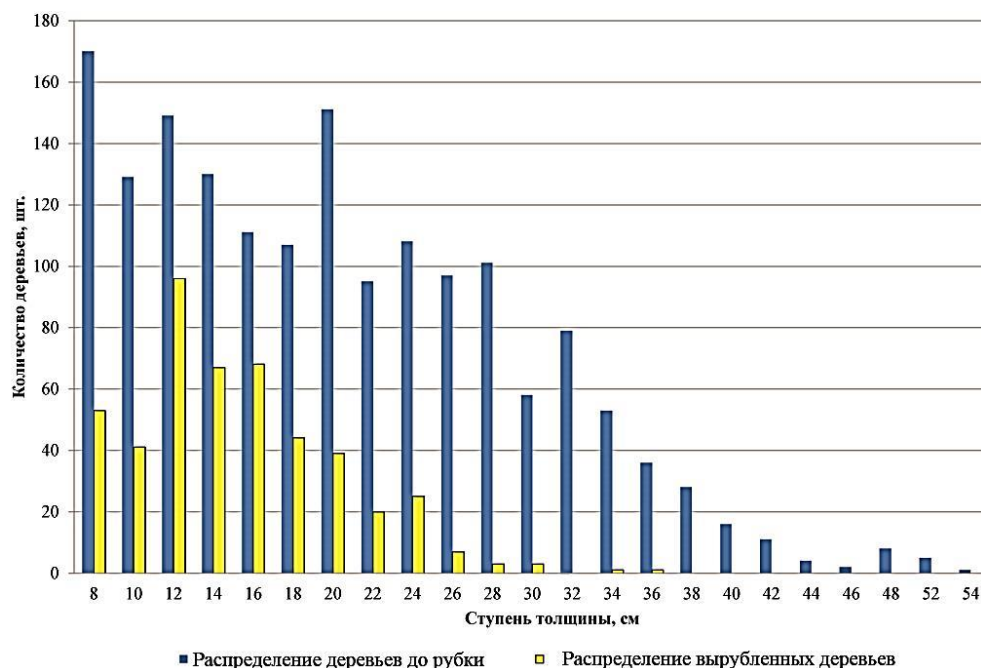


Рис. 2. Распределение деревьев на участке проходной рубки по ступеням толщины

Как видно из диаграммы, при проведении лесосечных работ вырубались преимущественно тонкомерные деревья диаметром до 20 см (средний диаметр 16 см) на высоте груди. В результате средний диаметр оставшихся после рубки деревьев увеличился до 26 см, средняя высота достигла 27 м, относительная полнота и запас снизились соответственно до 0,8 и 315 м³/га. В результате проходной рубки из состава древостоя исчезла осина, существенно улучшилось его санитарное состояние.

В ходе проходной рубки с использованием на трелевке леса мини-трактора МТР-1 осуществлялись хронометрические наблюдения, при которых исследовались затраты времени на валку, раскряжевку, погрузку, транспортировку и разгрузку одного дерева диаметром на высоте груди 16...30 см. Расстояние трелевки составляло в среднем 30 м. Результаты исследований приведены в табл. 2, из данных которой следует, что общие затраты времени на заготовку одного дерева в среднем составляют 21...22 мин. Если сбор и складирование порубочных остатков в кучи не связаны с транспортировкой и являются отдельным мероприятием, то на него дополнительно затрачивается 3...10 мин рабочего времени. Таким образом, за 1 ч работы при данной технологии полностью обрабатывается 1,5 (при диаметре дерева 30 см) и 3 (при диаметре 16 см) дерева, что составляет соответственно 1,1 и 0,5 м³/ч ликвидной древесины. При основном количестве вырубаемых деревьев с диаметром на высоте груди 12...16 см за 6 ч (за смену) по данной подеревной технологии фактически заготавливается около 3,0 м³ ликвидной древесины. Таким образом, технология с валкой, раскряжевкой и последующей трелевкой мини-трактором заготовленной древесины одним рабочим наиболее предпочтительна при выборочной

Таблица 2

Затраты времени на заготовку одного дерева по операциям

Древесная порода	Диаметр, см	Объем, м ³	Время для выполнения операции, мин						
			Выбор и валка дерева	Раскряжевка и обрезка сучьев	Холостой ход	Погрузка древесины	Транспортировка древесины	Разгрузка	Сбор и складирование порубочных остатков в кучи
Осина	23	0,44	1,0	2,5	–	–	–	–	–
Береза	26	0,52	1,0	3,0	–	–	–	–	–
Береза	18	0,23	1,5	–	–	–	–	–	–
Сосна	16	0,16	1,5	–	–	–	–	–	–
Береза	19	0,28	1,0	1,0	1,5	7,5	1,5	1,0	2,5
Осина	30	0,80	2,0	3,0	3,0	12,0	3,0	5,0	10,0
Береза	16	0,18	1,0	5,0	3,0	10,0	3,0	5,0	–
Береза	16	0,18	1,5	2,5	2,0	2,0	2,0	1,0	–
Береза	20	0,31	1,0	6,0	3,0	9,0	3,0	4,0	–
Сосна	18	0,25	1,5	4,0	–	–	–	–	4,0
Сосна	22	0,42	1,0	4,0	–	–	–	–	7,0
Сосна	20	0,33	1,0	3,0	–	–	–	–	2,0
Сосна	28	0,73	1,0	3,0	2,0	10,0	2,0	4,0	10,0
Сосна	30	0,86	1,0	5,0	–	–	–	–	5,0
Сосна	28	0,73	1,0	3,0	2,0	8,0	2,0	4,0	–
<u>Среднее</u>	–	0,42	<u>1,2</u>	<u>3,5</u>	<u>2,4</u>	<u>8,4</u>	<u>2,4</u>	<u>3,4</u>	<u>5,5</u>
%			5,6	16,4	11,3	39,4	11,3	16,0	20,5

рубке очень слабой и слабой интенсивности, т. е. в условиях, где не предусматривается прорубка технологических коридоров и выборка деревьев диаметром на высоте груди составляет 20 см и выше.

В ходе эксперимента установлено, что наименее продолжительной операцией является валка дерева, самой продолжительной – погрузка сортиментов и вершин деревьев на тракторную тележку. На них расходуется соответственно 5,6 и 39,4 % от общего времени (табл. 2). Затраты времени на операции, связанные с работой мини-трактора (холостой ход, погрузка, транспортировка и разгрузка сортиментов), составляют 78,0 % от общих затрат. Следовательно, организация работы с закреплением используемых инструментов (бензомоторной пилы и мини-трактора) за конкретным рабочим приведет (во избежание простоев) к созданию бригад из 1 рабочего с пилой и 3-4 рабочих на мини-тракторах. При этом неизбежны дополнительные затраты времени, связанные с необходимостью согласования действий членов бригады.

Как уже отмечалось ранее, лесосека по периметру с двух сторон ограничена грунтовой дорогой. В этом случае трелевка древесины из части лесосеки, непосредственно граничащей с дорогой, осуществляется только лебедкой, с помощью которой подтаскиваются заготовленные 6-метровые сортименты от края лесосеки к дороге (рис. 3).

Деревья валятся вершиной в сторону направления трелевки. При применении такого технологического приема за 1 ч трелюется в штабель 1,4 м³ ликвидной древесины, что соответствует объему 9-10 деревьев. Для того,



Рис. 3. Формирование штабеля у дороги

чтобы их свалить и разрезать, удалить сучья, собрать и складировать порубочные остатки понадобится еще 1,5 ч. В результате за 6 ч работы фактически будет подготовлено к погрузке на автотранспорт 3,1 м³ ликвидной древесины. Таким образом, время, затраченное на операции по транспортировке древесины на тележке и ее складирование, сопоставимо со временем, необходимым для поочередной трелевки сортиментов лебедкой из лесосеки.

Результаты наших исследований близки к данным других авторов [1]. Сравнивая характеристики на трелевке леса нашего лабораторного образца и подобной техники зарубежного производства, можно отметить их примерно одинаковую производительность по заготовке тонкомерных сортиментов (0,5 м³/ч). Однако производительность по подтаскиванию сортиментов к волоку в нашем случае примерно в 2 раза ниже, чем у зарубежного аналога (1,4 против 2,3 м³/ч). Это может быть связано со способом трелевки, который в случае использования мини-трактора осуществляется подтаскиванием (хоть и на короткое расстояние) тросом лебедки к волоку только одного сортимента. Зарубежная технология предусматривает трелевку к волоку сразу пачки сортиментов. Кроме того, в ряде случаев в процессе работы оператор мини-трактора вынужден тратить время на подправление зацепившегося за препятствие сортимента, что связано с лишними переходами от объекта к мини-трактору и обратно. На основании результатов эксперимента высказано предположение, что процесс трелевки сортиментов из пасеки с помощью лебедки может быть существенно ускорен, если управление ею будет осуществляться дистанционно.

Выводы

1. Производительность мини-трактора при рассмотренных технологиях трелевки тонкомерных сортиментов оказалась примерно одинаковой и составила 0,5 м³/ч. При увеличении диаметра дерева до 28...30 см выработка на 1 рабочего при последовательной валке, раскряжевке и трелевке одного дерева может достигать 1,1 м³/ч.

2. Технология, при которой весь цикл операций выполняется с каждым отдельным деревом, целесообразна в условиях выборочной рубки очень слабой и слабой интенсивности и при диаметре на высоте груди вырубаемых деревьев 20 см и выше.

3. Использование мини-трактора в качестве самоходной лебедки может быть предпочтительно, когда расстояние трелевки не превышает рабочую длину троса, в нашем случае 15...20 м.

4. Процесс трелевки сортиментов лебедкой можно существенно ускорить и облегчить при использовании дистанционного управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Валяжонков В.Д., Мясущев Д.Г.* Особенности малой механизации лесозаготовок за рубежом // Лесн. журн. 2005. № 6. С. 64–69. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Правила ухода за лесами: утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 626 от 22.11.2017 г. М., 2017. 164 с.
3. *Семи́н И.А.* Малогабаритные лесозаготовительные машины Скандинавских стран. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1999. 10 с.
4. *Теринов Н.Н., Герц Э.Ф., Безгина Ю.Н.* Малогабаритный трактор для рубок ухода и его влияние на лесную среду // Аграрная Россия. 2015. № 7. С. 27–31.
5. *Ушницкий А.А.* Обоснование параметров малогабаритной тягово-транспортной машины для рубок промежуточного пользования: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2006. 25 с.
6. Форвардер для малообъемных лесозаготовок // Лесопромышленник. 2007. № 3. Режим доступа: http://www.lesopromyshlennik.ru/timber/tech_1.html (дата обращения: 15.12.2017)
7. *Allen R., Hurst J., Wiser S., Easdale T.* Developing Management Systems for the Production of Beech Timber // New Zealand Journal of Forestry. 2012. Vol. 57, no. 2. Pp. 38–44.
8. *McEwan A., Brink M., van Zyl S.* Guidelines for Difficult Terrain Ground Based Harvesting Operations in South Africa // ICFR Bulletin. 2013. No. 02. 149 p.
9. *Salakka J.* Identifying Appropriate Small Scale Harvesting Technologies for Commercial Scale Bamboo Fuel Chip Production in Lao PDR: Degree Program in Forestry: Thesis. Joensuu, Finland, 2014. 63 p.
10. *Spinelli R., Magagnotti N., Relañó R.L.* An Alternative Skidding Technology to the Current Use of Crawler Tractors in Alpine Logging Operations // Journal of Cleaner Production. 2012. Vol. 31. Pp. 73–79.
11. *Vusić D., Šušnjar M., Marchi E., Spina R., Zečić Ž., Picchio R.* Skidding Operations in Thinning and Shelterwood Cut of Mixed Stands – Work Productivity, Energy Inputs and Emissions // Ecological Engineering. 2013. Vol. 61, part A. Pp. 216–223.

Поступила 15.01.18

UDC 630*375.4+630*243

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.87

Sustainable Technologies at Severance Cuttings in the Ural Training Experimental District Forestry of the Ural State Forest Engineering University*N.N. Terinov, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher**E.F. Gerts, Doctor of Engineering Sciences, Professor**A.V. Mekhrentsev, Candidate of Engineering Sciences, Professor*

Ural State Forest Engineering University, Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russia Federation; e-mail: n_n_terminov@mail.ru, gerz.e@mail.ru, mehrentsev@yandex.ru

The paper considers the experience of severance cutting with the use of a minitractor at the forest skidding. The minitractor was equipped with a driver's seat, a drum winch (a cable length is 20 m) and a drag cart designed for transportation of logs with a length of 2...6 m. The work was carried out in a high-density pure middle-aged pine forest. The felling area was 1.8 ha. A complex microrelief and a developed road-trail network characterized the site. The planned intensity of felling was 12.0 % of the initial stock of the stand, the actual harvest was 13.3 %, which corresponded to the parameters of selective cutting of low intensity. The distance of skidding of harvested wood in the form of assortments averaged 30 m. The range of works from felling to skidding of harvested wood and disposal of logging residue was carried out by one worker. The non-cutting technology for the development of the felling area was applied. Two variants of wood harvesting were investigated: the first provided loading of one cut tree trunk and lopping onto a cart and transport them to the loading point; the second variant considered the alternate movement of assortments by the winch of the minitractor to the place of loading. The total time required for harvesting of one tree on average was 21...22 min, for collection and storage of logging residues – an additional 2...10 min. In both variants of harvesting with the base quantity of cut trees with a diameter at the chest height of 12...16 cm, the productivity of the minitractor at the skidding of merchantable wood was 0.5 m³/h. With an increase in the diameter of cut trees to 28...30 cm, the performance of the minitractor increased to 1.1 m³/h. The authors make a guess that the performance of the minitractor can be increased by reducing the operator's walking passage, which is achieved by installing a winch remote control system. The first variant with skidding of only one trunk with a tree crown is most preferable with very weak and weak intensity of selective felling, a non-cutting technology and the diameter of cut trees at a chest height of at least 20 cm. The second method, when a minitractor is used as a self-propelled winch, is worth if the distance of the skidding does not exceed 15...20 m, i. e. it has a restriction on the length of the winch cable. The least prolonged operation of the technological process is tree felling, the longest one is the loading of assortments and lopping onto a tractor cart. 5.6 and 39.4 % of the total expenditure of time are spent on them, respectively 78 % of operations are related to the operation of the minitractor (idling, loading, inhauling and unloading).

Keywords: severance cutting, minitractor, skidding, productivity.

For citation: Terinov N.N., Gerts E.F., Mekhrentsev A.V. Sustainable Technologies at Severance Cuttings in the Ural Training Experimental District Forestry of the Ural State Forest Engineering University. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 4, pp. 87–96. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.87

REFERENCES

1. Valyazhonkov V.D., Myasishchev D.G. Osobennosti maloy mekhanizatsii lesozagotovok za rubezhom [Peculiarities of Small Mechanization of Forest Harvesting Abroad]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2005, no. 6, pp. 64–69.
2. *Pravila ukhoda za lesami: utv. prikazom № 626 Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii RF ot 22.11.2017 g.* [Items of Forest Care: Approved by the Order No. 626 of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation of 22 November 2017]. Moscow, 2017. 164 p.
3. Semin I.A. *Malogabaritnyye lesozagotovitel'nyye mashiny Skandinavskikh stran* [Small-scale Forest Machines of Scandinavian Countries]. Moscow, National Research and Design Institute for Economics, Production Management and Information in the Forest, Pulp and Paper and Timber Processing Industry Publ., 1999. 10 p. (In Russ.)
4. Terinov N.N., Gerts E.F., Bezgina Yu.N. Malogabaritnyy traktor dlya rubok ukhoda i ego vliyaniye na lesnuyu sredu [Compact Tractor for Thinning and Its Influence on the Forest Environment]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2015, no. 7, pp. 27–31.
5. Ushnitskiy A.A. *Obosnovaniye parametrov malogabaritnoy tyagovo-transportnoy mashiny dlya rubok promezhutochnogo pol'zovaniya: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Justification of the Parameters of a Compact Traction Vehicle for Intermediate Felling: Cand. Eng. Sci. Diss. Abs.]. Krasnoyarsk, 2006. 25 p.
6. Forvarder dlya maloob'yemnykh lesozagotovok [Forwarder for Low-Volume Logging]. *Lesopromyshlennik* [The Timber Industry Worker], 2007, no. 3. Available at: http://www.lesopromyshlennik.ru/timber/tech_1.html (accessed 15.12.2017).
7. Allen R., Hurst J., Wiser S., Easdale T. Developing Management Systems for the Production of Beech Timber. *New Zealand Journal of Forestry*, 2012, vol. 57, no. 2, pp. 38–44.
8. McEwan A., Brink M., van Zyl S. Guidelines for Difficult Terrain Ground Based Harvesting Operations in South Africa. *ICFR Bulletin*, 2013, no. 02. 149 p.
9. Salakka J. *Identifying Appropriate Small Scale Harvesting Technologies for Commercial Scale Bamboo Fuel Chip Production in Lao PDR: Degree Program in Forestry*. Thesis. Joensuu, Finland, 2014. 63 p.
10. Spinelli R., Magagnotti N., Relaño R.L. An Alternative Skidding Technology to the Current Use of Crawler Tractors in Alpine Logging Operations. *Journal of Cleaner Production*, 2012, vol. 31, pp. 73–79.
11. Vusić D., Šušnjar M., Marchi E., Spina R., Zečić Ž., Picchio R. Skidding Operations in Thinning and Shelterwood Cut of Mixed Stands – Work Productivity, Energy Inputs and Emissions. *Ecological Engineering*, 2013, vol. 61, part A, pp. 216–223.

Received on January 15, 2018