

УДК 630*3

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.119

РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РУБОК С ТРЕЛЕВКОЙ ЗАГОТОВЛЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МИНИ-ТРАКТОРАМИ ПОД ПОЛОГОМ ДРЕВОСТОЯ

Э.Ф. Герц, д-р техн. наук, доц.

Н.Н. Теринов, д-р с.-х. наук

Ю.Н. Безгина, канд. с.-х. наук, доц.

А.Ф. Уразова, канд. с.-х. наук

Т.А. Перепечина, асп.

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт,
д. 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: gerz.e@mail.ru, n_n_terinov@mail.ru,
bezginajn@rambler.ru, ura-alina@mail.ru

Формирование сети трелевочных волоков при выполнении рубок ухода и выборочных рубок в спелых и перестойных древостоях снижает производительность древостоев в результате разрубки коридоров и механической деформации почвогрунтов в процессе перемещения трелевочной техники. Снижение плотности трелевочных волоков при селективном изреживании древостоев достигается подтрелевкой древесины к волокам мини-тракторами, работающими под пологом древостоя. Такая возможность обеспечивается габаритами и маневренностью мини-тракторов, соответствующими густоте формируемого древостоя. Возможность и целесообразность применения мини-тракторов должны определяться с учетом экологических, социальных и экономических критериев. В качестве наиболее информативного критерия для оценки эффективности трелевочного мини-трактора при выборе схемы его перемещения рассмотрена часовая производительность, максимум которой, при прочих равных условиях, достигается при формировании полной загрузки и минимальной величине холостого хода. В качестве вариантов перемещения мини-трактора при работе под пологом древостоя рассмотрены схемы с ходами между смежными пасечными волоками, с челночными ходами, параллельными пасечному волоку, и с ходами, перпендикулярными пасечному волоку. Ограничениями по использованию схем являются крутизна маневрирования при заданных габаритах мини-трактора, длина трелеваемых лесоматериалов и густота древостоя. Рекомендации по использованию схем перемещения учитывают соотношение грузоподъемности мини-трактора, крупномерности вырубаемых деревьев и возможности формирования полногрузного пакета при минимальном расстоянии перемещения.

Ключевые слова: трелевка древесины без прокладки волоков, рациональный маршрут перемещения, производительность, мини-трактор.

Для цитирования: Герц Э.Ф., Теринов Н.Н., Безгина Ю.Н., Уразова А.Ф., Перепечина Т.А. Рациональная технология рубок с трелевкой заготовленной древесины мини-тракторами под пологом древостоя // Лесн. журн. 2017. № 2. С. 119–129. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.119

Введение

Выполнение рубок системой машин, включающей машины, способные перемещаться в процессе выполнения работ под пологом древостоя, и обеспечивающей трелевку заготовленной древесины без прокладки волоков, вызывает определенный интерес российских исследователей. Однако на практике оно до настоящего времени практически не реализуется [1, 7, 8, 10]. При этом практика реализации выборочных рубок широкими пасаками с подтрелевкой древесины к волокам лебедками и мини-тракторами за рубежом распространена достаточно широко [4, 11–15].

Перечислим причины такого положения: возрастание значимости экологических и социальных критериев в условиях возросшего уровня (качества) жизни населения и неизбежный при этом пересмотр взглядов по ряду вопросов, в том числе по вопросу отношения к лесу, который рассматривается не только как источник сырьевых ресурсов. Применение машин, востребованных только для выполнения рубок ухода и выборочных рубок в спелых и перестойных древостоях, имеет ряд ограничений. Так, применение лебедок ограничено, прежде всего, сложностью изменения направления перемещения лесоматериала отклоняющимися блоками и очень низкой их производительностью [12, 14, 15]. Применение мини-тракторов при работе под пологом древостоя ограничивается их габаритными размерами, маневренностью (в зависимости от густоты формируемого рубками древостоя) и малой производительностью по сравнению с серийными трелевочными тракторами, используемыми в традиционных технологиях [2, 3, 5, 6]. Возможность и целесообразность использования мини-тракторов при выполнении рубок может и должна определяться с учетом экологических, социальных и экономических критериев [2, 6, 9]. Вместе с тем, экологические и социальные критерии в процессе отбора систем машин и технологий рубок играют в первую очередь роль ограничений, используемых для отсева неприемлемых в современных условиях. Окончательный выбор технологии выполняется по экономическим критериям, определяющим эффективность процесса.

Объекты и методы исследования

Наиболее информативным критерием для оценки эффективности трелевочного мини-трактора при анализе рассматриваемых маршрутов перемещения является производительность. Затраты времени на выполнение элементов цикла по приведенным схемам определяются совокупностью факторов: техническими характеристиками мини-трактора и его технологического оборудования, а также параметрами рубок (интенсивность изреживания) и характеристиками древостоя, например такими, как размеры вырубаемых деревьев и их распределение в древостое.

Транспортируемый пакет может состоять как из одного отрезка ствола (при рубках в крупномерных спелых и перестойных насаждениях), так и из десятков стволов (при рубках ухода в молодняках).

Производительность мини-трактора при трелевке древесины, как и тракторов, используемых на трелевке в традиционных технологиях, определяется объемом трелюемой пачки и продолжительностью цикла:

$$P_p = \frac{V_{cp}^{III}}{T_{ц}^T} \Rightarrow \max, \quad (1)$$

где V_{cp}^{III} – средний объем транспортируемого мини-трактором пакета, м³;

$T_{ц}^T$ – продолжительность цикла, с.

Продолжительность цикла

$$T_{ц}^T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (2)$$

где t_1 и t_2 – время соответственно погрузки и разгрузки грузовой платформы мини-трактора, с;

t_3 и t_4 – время движения мини-трактора соответственно в грузовом и порожнем направлениях, с;

t_5 – время переездов в процессе погрузки грузовой платформы мини-трактора, с.

Время погрузки и разгрузки грузовой платформы мини-трактора:

$$t_1 = t_{1.1} \frac{V_{cp}^{III}}{V_{1.1}}; \quad t_2 = t_{2.1} \frac{V_{cp}^{III}}{V_{2.1}}; \quad (3)$$

где $t_{1.1}$, $t_{2.1}$ – время соответственно погрузки и выгрузки одной порции груза (сортифта), с;

$V_{1.1}$, $V_{2.1}$ – объем одной порции груза соответственно при погрузке и выгрузке, м³.

Погрузка мини-трактора в зависимости от его грузоподъемности и массы единицы трелюемых лесоматериалов может осуществляться как вручную, так и с применением лебедки или манипулятора. Выбор рационального варианта погрузки должен определяться для различных сочетаний названных факторов с использованием экономических (себестоимость) и социальных (эргономических) факторов [2]. Однако в данной статье эта задача не рассматривается.

Время движения мини-трактора в грузовом и порожнем направлениях:

$$t_3 = \frac{l_{III} k_{уIII}}{v_3}; \quad t_4 = \frac{l_{II} k_{уII}}{v_4}, \quad (4)$$

где l_{II} , l_{III} – расстояние переезда в порожнем и грузовом направлениях, м;

$k_{уII}$ – коэффициент, учитывающий увеличение пройденного пути за счет непрямолинейности движения и разворотов;

v_3 и v_4 – скорость движения мини-трактора соответственно в грузовом и порожнем направлениях, м/с.

Время переездов при погрузке грузовой платформы мини-трактора

$$t_5 = \frac{l_{\Pi} k_{у\text{шп}}}{v_{\Pi}}, \quad (5)$$

где l_{Π} – путь мини-трактора, необходимый для полной загрузки грузовой платформы, м;

v_{Π} – средняя скорость мини-трактора при переездах между рабочими стоянками, м/с.

Путь (средний) мини-трактора, необходимый для полной загрузки грузовой платформы,

$$l_{\Pi} = \frac{V_{\text{сп}}^{\text{тп}}}{w_{\Pi} q p} 10^4, \quad (6)$$

где w_{Π} – ширина ленты набора пачки мини-трактором, м;

q – запас древесины, м³/га;

p – доля вырубаемого запаса, $p \leq 1,0$.

Производительность мини-трактора при трелевке древесины, заготовленной в процессе изреживания древостоя рубками ухода или выборочными рубками в спелых и перестойных древостоях, во многом определяется возможными маршрутами его перемещения.

Одной из наиболее распространенных является челночная схема, при которой мини-трактор продвигается в глубь древостоя холостым ходом, а после разворота движется в направлении зоны складирования древесины (рис. 1).

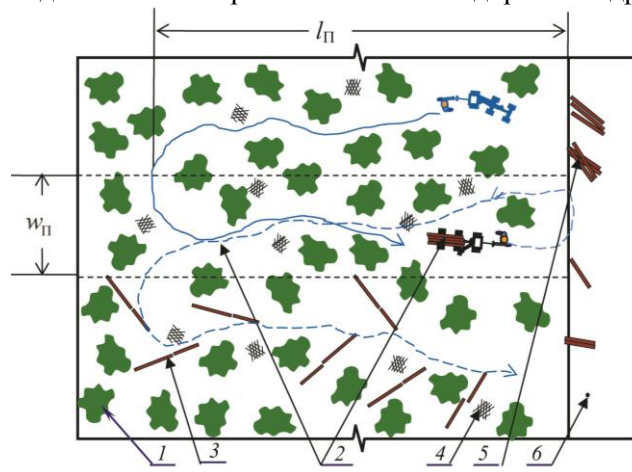


Рис. 1. Трелевка древесины мини-трактором челночными ходами с заходом в глубь древостоя и загрузкой при перемещении к зоне складирования древесины: 1 – растущие деревья; 2 – мини-трактор и маршрут его перемещения; 3 – заготовленные сортименты; 4 – порубочные остатки; 5 – пакеты сортиментов; 6 – зона складирования

Холостой ход по этой схеме перемещения равен расстоянию, необходимому для полной загрузки грузовой платформы ($l_{П}$), и составляет $\frac{1}{2}$ суммарного расстояния при перемещении мини-трактора в цикле трелевки.

Перемещение в процессе набора грузового пакета мини-трактором может осуществляться не только по относительно прямолинейной траектории перпендикулярно кромке изреживаемого древостоя (рис. 1), но и со значительным маневрированием в поперечном направлении или под углом к кромке древостоя для увеличения площади подбора.

Вариантом работы мини-трактора по челночной схеме является работа без холостого хода, предусматривающая загрузку платформы на всем маршруте как при движении в глубь древостоя, так и при возврате. Дополнительной сложностью при работе по этой схеме является необходимость разворота мини-трактора с частично загруженной грузовой платформой (рис. 2). Холостой ход при такой схеме перемещения мини-трактора равен расстоянию вдоль кромки изреживаемого древостоя от точки разгрузки до точки входа в древостой.

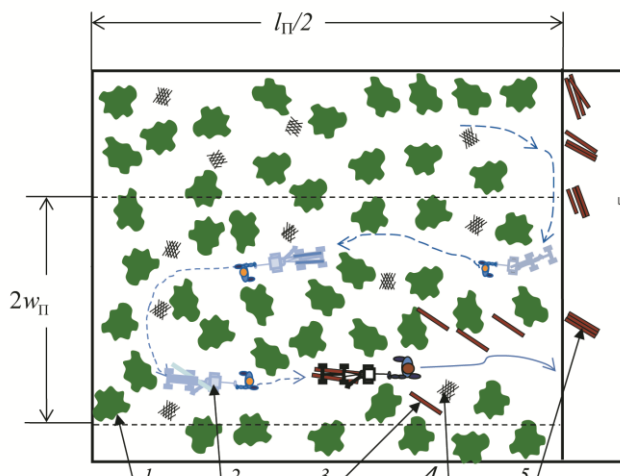


Рис. 2. Трелевка древесины мини-трактором челночными ходами с загрузкой платформы при перемещении по всему маршруту (см. обозначения на рис. 1)

Схема с пересечением изреживаемого древостоя параллельными прямолинейными ходами и складированием пакетов древесины в зонах, доступных другим транспортным машинам, позволяет исключить разворот частично загруженного мини-трактора при перемещении под пологом древостоя. Такая конфигурация древостоя формируется при широкопосечных технологиях, где волокнистые и центральные части пасек разрабатываются манипуляторными лесозаготовительными машинами (например, харвестерами и форвардерами). Мини-трактор совершает челночное перемещение между пасечными волокнами,

вытрелевывая древесину, заготовленную в недоступных манипуляторным лесозаготовительным машинам зонах полупасек (рис. 3). Холостой ход при работе мини-трактора по этой схеме определяется суммой ширины ленты, доступной для манипулятора форвардера, работающего на пасечном волоке, и расстояния между точками разгрузки и входом мини-трактора в древесостой. Грузовой ход мини-трактора в таком случае равен ширине ленты древесостоя, доступной для манипуляторов со смежных пасечных волоков. При этом длина ленты набора пачки мини-трактором

$$l'_{\Pi} = \frac{B - b_{lm}}{\cos \alpha}. \quad (7)$$

Общей характеристикой приведенных схем работы мини-трактора является фиксированное расстояние перемещения при загрузке платформы. Это обстоятельство в условиях неравномерного распределения вырубаемых деревьев по площади древесостоя и неравномерной концентрации заготовленной древесины вдоль маршрута перемещения мини-трактора может привести к нежелательным последствиям. Загрузка мини-трактора из-за систематической недостаточности объемов заготовленных сортиментов на маршруте будет неполной, следовательно, его производительность снизится. Наличие на маршруте объемов древесины, превышающих рейсовую загрузку мини-трактора, повлечет за собой переполнение грузовой платформы (перегруз), повторный

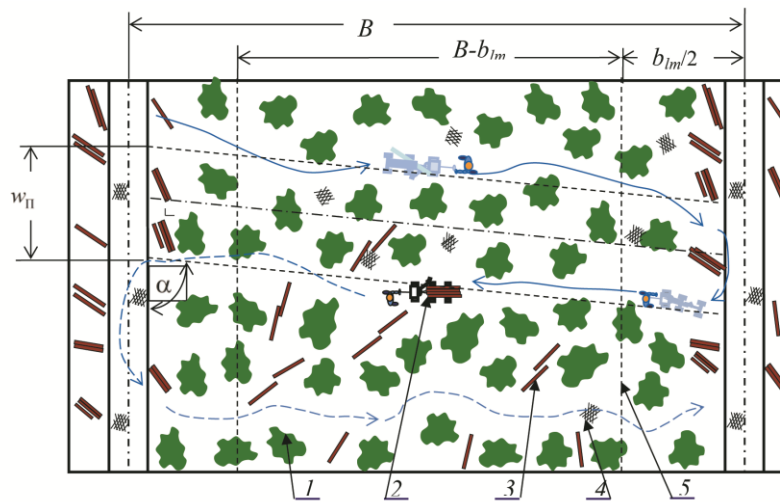


Рис. 3. Трелевка древесины мини-трактором челночными ходами между двумя пасечными волоками: 1 – растущие деревья; 2 – мини-трактор и маршрут его перемещения; 3 – работа с поваленным деревом и мини-трактором; 4 – порубочные остатки; 5 – граница зоны работы харвестера; B – ширина пасеки; b_{lm} – ширина ленты, доступная манипулятору форвардера

заход на маршрут для сбора оставленной древесины или корректировку очередного маршрута с той же целью.

Полная загрузка грузовой платформы мини-трактора в процессе его перемещения под пологом древостоя и подбора заготовленной древесины в каждом цикле может быть достигнута при параллельном кромке древостоя расположении лент набора пачки (рис. 4).

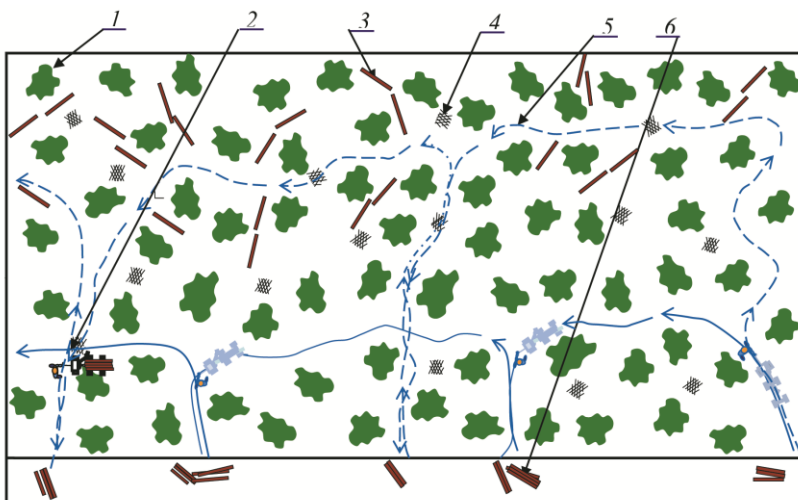


Рис. 4. Подбор заготовленной древесины и ее трелевка ходами, параллельными кромке древостоя: 1 – растущие деревья; 2 – мини-трактор и маршрут его перемещения при подборе сортиментов с ближней ленты; 3 – заготовленные сортименты; 4 – порубочные остатки; 5 – маршруты перемещения мини-трактора при подборе сортиментов со второй от кромки древостоя ленты; 6 – пакеты сортиментов в зоне складирования

Трелевка древесины мини-трактором челночными ходами с заходом в глубь древостоя и загрузкой при перемещении к зоне складирования древесины (см. рис. 1) предполагает значительную величину холостого хода, равного сумме грузового хода и пути, необходимого для загрузки грузовой платформы. Рациональная структура цикла работы мини-трактора по этой схеме складывается в крупномерных древостоях при формировании грузового пакета с одной рабочей стоянки. Схема может использоваться при ширине ленты изреживаемого древостоя до расчетного значения l_{Π} (см. формулу (6)). При этом должна обеспечиваться возможность разворота мини-трактора с частичной загрузкой платформы под пологом древостоя при формируемой его густоте [3].

Трелевка древесины мини-трактором челночными ходами с загрузкой платформы при перемещении по всему маршруту (см. рис. 2). Подбор лесоматериалов с их погрузкой на платформу мини-трактора на всем маршруте

позволяет минимизировать холостой ход мини-трактора, однако не исключает другие негативные изменения в структуре цикла. На маршруте расчетной протяженности (формула (6)) объем заготовленной древесины вследствие неравномерности изреживания древостоя может и будет колебаться в некотором диапазоне, что неизбежно приведет или к возрастанию расстояния грузового хода, или (и) к неполной загрузке. Кроме того, разворот частично загруженного мини-трактора дополнительно осложняет процесс.

Трелевка древесины мини-трактором челночными ходами между двумя пасечными волоками (рис. 3) может рекомендоваться при равномерном изреживании мелкотоварного древостоя. При известных характеристиках древостоя, заданной интенсивности изреживания и технологии подбора лесоматериалов вдоль маршрута перемещения мини-трактора (или ширины ленты набора пачки) длина ленты набора пачки определяется по формуле (6), расстояние между волоками для рассматриваемой системы лесосечных машин – из соотношения (7).

Подбор заготовленной древесины и ее трелевка ходами, параллельными кромке древостоя (рис. 4) обеспечивает возможность формирования полногрузных пакетов не зависимо от встречаемости заготовленной древесины вдоль маршрута перемещения. Наиболее предпочтительна работа мини-трактора в условиях, предполагающих погрузку значительного числа сортиментов для заполнения грузовой платформы. Такая ситуация складывается при проведении рубок в мелкотоварных древостоях с неравномерным расположением вырубаемых деревьев. Ширина ленты изреживаемого древостоя, заготовленная древесина с которого может вытрелевываться мини-тракторами, ограничивается экономическими критериями.

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, выбор рациональной схемы перемещения мини-трактора при организации трелевки древесины, заготовленной в процессе селективного изреживания под пологом древостоя, определяется с учетом соотношения его грузоподъемности и средней массы вырубаемых стволов:

при $V_{\text{ср}}^{\text{ТП}}$, равном объему вырубаемого ствола, но не меньше объема одного сортимента, используется схема, приведенная на рис. 1; мини-трактор загружается после разворота на одной стоянке (грузят либо все сортименты, выпиленные из ствола, либо их часть);

при $V_{\text{ср}}^{\text{ТП}}$, значительно превышающем средний объем ствола вырубаемых деревьев, подбор и погрузка заготовленных сортиментов выполняется на нескольких рабочих стоянках; при возможности крутого маневрирования (в том числе разворота) мини-трактора с пачкой под пологом древостоя целесообразно работать по схеме 2; при невозможности крутого маневрирования в древостое может быть рекомендована схема 1 или 3;

при варьировании объемов вырубаемых стволов в широком диапазоне $(0,1 \dots 1,0)$ $V_{\text{ср}}^{\text{III}}$ наиболее целесообразной является работа по схеме, приведенной на рис. 4, позволяющая при любой ситуации формировать полногрузный пакет.

В настоящее время проводится опытно-производственная проверка изложенного материала, результаты которой позволят уточнить технологию работы мини-трактора в условиях различных рубок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаренок В.А., Герц Э.Ф., Залесов С.В., Луганский Н.А. Сортиментная технология лесосечных работ при равномерно-постепенных рубках // Аграр. вестн. Урала. 2012. № 8. С. 51–54.
2. Безгина Ю.Н., Герц Э.Ф., Иванов В.В., Перепечина Т.А., Теринов Н.Н., Уразова А.Ф. Выбор технологии лесосечных работ в условиях устойчивого лесопользования // Леса России и хозяйство в них. 2015. Т. 55, № 4. С. 12–22.
3. Герц Э.Ф., Перепечина Т.А., Теринов Н.Н., Уразова А.Ф., Безгина Ю.Н. Условия и возможность работы лесотранспортных систем под пологом древостоя // Resources and Technology. 2016. № 13(2). С. 20–33.
4. Валяжонков В.Д., Мясников Д.Г. Особенности малой механизации лесозаготовок за рубежом // Лесн. журн. 2005. № 6. С. 64–69. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Герц Э.Ф., Азаренок В.А., Лившиц Н.В., Мехренцев А.В. К вопросу о целесообразности применения операции подтрелевки при несплошных рубках // Лесн. журн. 2002. № 3. С. 44–48. (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Герц Э.Ф., Залесов С.В. Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки назначенных в рубку деревьев // Лесн. хоз-во. 2003. № 5. С. 18–20.
7. Иванов Н.А., Лейбович М.В. Основы теории легких колесных вездеходов. Владивосток: Дальнаука, 2010. 254 с.
8. Иванов Н.А., Мясников Е.В. Оценка проходимости трехколесного вездехода по лесистой местности // Лесн. журн. 2005. № 5. С. 45–53. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Теринов Н.Н., Герц Э.Ф., Безгина Ю.Н. Малогабаритный трактор для рубок ухода и его влияние на лесную среду // Аграр. Россия. 2015. № 7. С. 27–31.
10. Хайновский В.В., Зенькевич Д.А. Оценка проходимости и маневренности лесной двухзвенной погрузочно-транспортной машины // Акт. пробл. лесн. комплекса-2004: сб. ст. С. 214–217.
11. Dummel K., Branz H. Holzernteverfahren: vergleichende Erhebung und Beurteilung der Holzernteverfahren in der Forstwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland // Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Münster-Hiltrup. 1986. Heft 333. P. 205.
12. Löffler H. Forstliche Verfahrenstechnik (Holzernte) für Studierende der Forstwissenschaft. München. 1991. P. 527.
13. Luthy C., Gerz E. Zange oder Seilwinde? // Wald und Holz. No. 1.15/94. Pp. 22–25.
14. Vorliefern mit Bodenseilzug / Forsttraktor. Praxishilfe. Zeitaufwand für Holzernverfahren. Grundlage für Pauschalansätze // Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern. 1997. P. 70.
15. Forbrig A. Waldarbeit im Umbruch: Tagungsführer zur 11. KWF-Tagung. Koblenz. 1992. P. 132.

Поступила 18.01.17

UDC 630*3

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.119

**Rational Cutting Technology with Mini Tractors Log Skidding
Under the Forest Canopy**

E.F. Gerts, Doctor of Engineering Sciences, Professor

N.N. Terinov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Yu.N. Bezgina, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

A.F. Urazova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

T.A. Perepechina, Postgraduate Student

Ural State Forest Engineering University, Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; e-mail: gerz.e@mail.ru, n_n_terminov@mail.ru, bezginajn@rambler.ru, ura-alina@mail.ru

The formation of the skidding trail system when thinning and selective cuttings of mature and over-mature forest stands reduces the performance of stands as a result of the corridors cutting and mechanical deformation of soil in the process of moving of the skidding equipment. Reducing the density of the skidding trails in the selection thinning of forest stands is reached by timber skidding to the runways by mini tractors working under the forest stand canopy. This is provided by dimensions and maneuverability of mini tractors corresponding to the density of the forest stands. The possibility and feasibility of mini tractors should be defined taking into account the environmental, social and economic criteria. The one-hour efficiency is considered as the most informative criterion for assessing the skidding mini tractor effectiveness when selecting the schemes of its moving. Its maximum under otherwise equal conditions is reached in the formation of a full load and minimum value of idling. The schemes of the mini tractor moving between skidding trails in cutting strip, of shuttle runs, parallel and perpendicular to the skidding trails in cutting strip are considered as the variants of mini tractor moving under the canopy of the forest stand. A limitation on the use of schemes is the maneuvering steepness at the given dimensions of mini tractors, skidding timber length and density of the stand. Recommendations for the use of the moving schemes take into account the ratio of weight-carrying capacity of the mini tractor, large-scale cutting trees and the possibility of forming of full-load package with a minimum displacement distance.

Keywords: log skidding without running trails, rational displacement route, performance, mini tractor.

REFERENCES

1. Azarenok V.A., Gerts E.F., Zalesov S.V., Luganskiy N.A. Sortimentnaya tekhnologiya lesosechnykh rabot pri ravnomerno-postepennykh rubkakh [Assortment Technologies of Felling at the Uniformly and Gradually Felling]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2012, no. 8, pp. 51–54.

For citation: Gerts E.F., Terinov N.N., Bezgina Yu.N., Urazova A.F., Perepechina T.A. Rational Cutting Technology with Mini Tractors Log Skidding Under the Forest Canopy. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 2, pp.119–129. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.119

2. Bezgina Yu.N., Gerts E.F., Ivanov V.V., Perepechina T.A., Terinov N.N., Urazova A.F. Vybór tekhnologii lesosechnykh rabót v usloviyakh ustoychivogo lesopol'zovaniya [The Choice of Technology Logging Activities in Sustainable Forest Management]. *Lesá Rossii i khozyaystvo v nikh*, 2015, vol. 55, no. 4, pp. 12–22.

3. Gerts E.F., Perepechina T.A., Terinov N.N., Urazova A.F., Bezgina Yu.N. Usloviya i vozmozhnost' raboty lesotransportnykh sistem pod pologom drevostoya [Conditions and Ability to Work Forest Transport Systems Under the Canopy of the Stand]. *Resources and Technology*, 2016, no. 13(2), pp. 20–33.

4. Valyazhonkov V.D., Myasishchev D.G. Osobennosti maloy mekhanizatsii lesozagotovok za rubezhom [Peculiarities of Small Mechanization of Forest Harvesting Abroad]. *Lesnoy zhurnal*, 2005, no. 6, pp. 64–69.

5. Gerts E.F., Azarenok V.A., Livshits N.V., Mekhrentsev A.V. K voprosu o tselesoobraznosti primeneniya operatsii podtrelevki pri nesploshnykh rubkakh [To Question of Expediency of Using Hauling Operations in Non-Clear Cutting]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2002, no. 3, pp. 44–48.

6. Gerts E.F., Zalesov S.V. Povyshenie lesovodstvennoy effektivnosti nesploshnykh rubok putem optimizatsii valki naznachennykh v rubku derev'ev [Improving the Silvicultural Efficiency of Selective Cutting by Optimizing of Designated Tree Felling]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2003, no. 5, pp. 18–20.

7. Ivanov N.A., Leybovich M.V. *Osnovy teorii legkikh kolesnykh vezdekhodov* [Fundamentals of the Theory of Light All-Wheel Drive Vehicle]. Vladivostok, 2010. 254 p.

8. Ivanov N.A., Myasnikov E.V. Otsenka prokhodimosti trekhkolesnogo vezdekhoda po lesistoy mestnosti [Maneuverability Assessment of Three-Wheeled Landrover in Woodland]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2005, no. 5, pp. 45–53.

9. Terinov N.N., Gerts E.F., Bezgina Yu.N. Malogabaritnyy traktor dlya rubok ukhoda i ego vliyaniye na lesnyuyu sredu [Minitractor for Thinning and Its Impact on the Forest Environment]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2015, no. 7, pp. 27–31.

10. Khaynovskiy V.V., Zen'kevich D.A. Otsenka prokhodimosti i manevrennosti lesnoy dvukhzvennoy pogruzochno-transportnoy mashiny [Evaluation of Cross-Country Ability and Maneuverability of Timber Double-Hinged Load-Haul-Dump Vehicle]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa-2004* [Actual Problems of the Forestry Complex-2004], pp. 214–217.

11. Dummel K., Branz H. Holzernteverfahren: vergleichende Erhebung und Beurteilung der Holzernteverfahren in der Forstwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland. *Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*. Münster-Hiltrup, 1986, Heft 333. P. 205.

12. Löffler H. *Forstliche Verfahrenstechnik (Holzernte) für Studierende der Forstwissenschaft*. München, 1991. P. 527.

13. Luthy C., Gerz E. Zange oder Seilwinde? *Wald und Holz*, no. 1.15/94, pp. 22–25.

14. Vorliefern mit Bodenseilzug / Forstraktor. Praxishilfe. Zeitaufwand für Holzernteverfahren. Grundlage für Pauschalansätze. *Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)*. Bern, 1997. P. 70.

15. Forbrig A. *Waldarbeit im Umbruch: Tagungsführer zur 11. KWF-Tagung*. Koblenz, 1992. P. 132.

Received on January 18, 2017