

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3221

УДК 630.323

Статья

Условия и возможность работы лесотранспортных систем под пологом древостоя

**Юлия Н. Безгина, Эдуард Ф. Герц*, Виктор В. Иванов, Татьяна А. Перепечина,
Николай Н. Теринов и Алина Ф. Уразова**

Уральский государственный лесотехнический университет, 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; E-mails: Bezginajn@rambler.ru; E-mails: gerz.e@mail.ru; E-mails: victor.82@mail.ru; E-mail: gerda.gergert@yandex.ru; E-mails: n_n_terinov@mail.ru; E-mails: gold-kalina@mail.ru

*Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: gerz.e@mail.ru;
Tel.: +7(912)201-63-86; Fax: +7(343)261-10-32.

* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: andrey.rodionov@mail.ru;
Tel.: +7(960)2151133; Fax: нет.

Получена: 25 марта 2016 / Принята: 24 апреля 2016 / Опубликовано: 28 июня 2016

Аннотация: Рассмотрены условия работы транспортных систем, включающих различные прицепные устройства (прицепы, полуприцепы и роспуски) для трелевки древесины при работе под пологом древостоя. Выполнено сравнение возможности маневрирования под пологом древостоя транспортных систем с различными прицепными устройствами. Установлено, что минимально возможный радиус поворота транспортной системы, включающей тягач с передними управляемыми колесами, достигается при ее комплектовании роспуском, а максимальный - при комплектовании прицепом при равной длине грузовых платформ. При движении транспортной системы по радиальным кривым уширение коридора, необходимого для беспрепятственного прохода, определяется общей длиной транспортной системы и минимально при комплектовании тягача роспуском, колеса которого повторяют траекторию задних колес тягача. Установлено, что преимущество транспортной системы с роспуском по критерию минимального по ширине коридора, необходимого для прохода, наиболее очевидно при минимальных радиусах поворота и возрастает по мере

увеличения длины грузовой платформы. При малой длине грузовой платформы использование прицепа в качестве прицепного устройства при трелевке лесоматериалов под пологом древостоя наименее рационально в сравнении с другими прицепными устройствами. Возможность транспортной системы по перемещению лесоматериалов, длина которых превышает длину грузовой платформы при маневрировании под пологом древостоя, ограничивается только условием распределения нагрузки между осями грузовой платформы.

Ключевые слова: транспортная система, транспортировка древесины, под пологом древостоя, маневрирование, ширина прохода, длина грузовой платформы

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3221

Article

Conditions and ability to work forest transport systems under the canopy of the stand

Julia Bezgina, Eduard Gerz*, Viktor Ivanov, Tatiana Perepechina, Nikolai Terinov and Alina Urazova

Ural State Forestry Engineering University; 620100, Ekaterinburg, Siberian tract, 37; E-mails: Bezginajn@rambler.ru (J.B); gerz.e@mail.ru (E.G); victor.82@mail.ru (V.I); gerda.gergert@yandex.ru (T.P); n_n_terinov@mail.ru (N.T); gold-kalina@mail.ru (A.U)

*Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: gerz.e@mail.ru (E.G);
Tel.: +7(912)201-63-86; Fax: +7(343)261-10-32.

Received: 25 March 2016 / Accepted: 24 April 2016 / Published: 28 June 2016

Abstract: The working conditions of the various transport systems including tow hitch (trailers, semi-trailers and dissolutions) for timber skidding when working under the canopy of the stand. Comparison of room for maneuver under the canopy the stand of transport systems with different hitch. Established that the smallest possible turning radius of the transport system consisting of a tractor with a front wheel steering is achieved by the dissolution of its acquisition and the maximum trailer when recruiting for an equal length of the loading platforms. When driving on radial curves broadening corridor necessary for the smooth passage of the transportation system is determined by its total length of the transport system and the minimum at acquisition the dissolution tractor, wheel which follows the path of the tractor rear wheels. Established that the transport system to the advantage of the dissolution, the criterion for the minimum corridor width required for passage, most obviously with a minimum turning radius and increases with the length of the loading platform. At small length of the loading platform to use as a trailer hitch, the least efficient in comparison with other hitch while logging timber under the canopy of the stand. The possibility of the transport system for the movement of timber, which is longer than the length of the loading platform when maneuvering under the canopy of the stand, limited only by the condition of load distribution between the axles of the loading platform.

Keywords: transport system, transport of wood, under the canopy of the stand, maneuvering aisle width, the length of the loading platform

1. Введение

Проведение выборочных рубок в спелых и перестойных древостоях, санитарных рубок низкой интенсивности и рубки ухода предполагает минимизацию технологических площадей и прежде всего пасечных волоков. Снижение доли волоков на делянке достигается разрубкой широких пасек. Однако разрубка широких пасек сопряжена с рядом задач, решение которых до настоящего времени нельзя считать законченными. Номенклатура машин и оборудования, используемых в настоящее время для реализации выборочных рубок и рубок ухода, не позволяет в той или иной мере осуществлять беспрепятственную валку деревьев, назначенных в рубку, и перемещение заготовленной древесины к пасечному волоку. Манипуляторные лесозаготовительные машины обеспечивают валку дерева и его вынос к волоку, но вылет манипулятора ограничивает ширину разрабатываемой пасеки. Номенклатура выпускаемых ЛЗМ для заготовки сортиментов позволяет эффективно реализовать выборочные рубки интенсивностью 50 % [1]. Радикальное увеличение вылета манипуляторов ЛЗМ, для разработки широких пасек выборочными рубками, ограничено не только их грузовым моментом, но и доступностью деревьев, назначенных в рубку. При выборочной валке деревьев бензиномоторными пилами для перемещения древесины к волоку широко применяются канатные системы или мини тракторы. Выборочная валка деревьев бензиномоторной пилой предполагает наличие просветов в древостое, необходимых для беспрепятственной валки дерева [2]. Перемещение древесины из полупасек к волоку канатными системами (лебедками, канатными установками) приводит к повреждениям значительного числа компонентов формируемого древостоя, поскольку происходит прямолинейно. Доля поврежденных стволов деревьев, оставляемых на доращивание при 25 % изреживании древостоя в зависимости от длины подтрелевываемых лесоматериалов и времени года варьирует в диапазоне 25-48 % [3]. Выработка бригады также снижается на 10-40 % в зависимости от расстояния подтрелевки [4,5]. Изменение траектории перемещения деревьев, хлыстов или их частей, при помощи отклоняющих блоков, позволяет предотвратить повреждение ряда компонентов формируемого древостоя, однако приводит к увеличению трудоемкости и, соответственно, к снижению производительности процесса [6]. Трелевка мини тракторами позволяет произвольно выбирать траекторию перемещения, но предполагает наличие проходов достаточной ширины. При прямолинейном перемещении ширина коридора, необходимого для беспрепятственного проезда мини трактора, определяется его шириной, а повороты, при объезде компонентов формируемого древостоя, предполагают наличие коридора большей ширины, причем величина уширения коридора определяется крутизной маневрирования (радиусом поворота) и длиной трактора или транспортной системы [7,8].

2. Материалы и методы

Для перемещения лесных, длинномерных грузов в погруженном положении наряду с расположением грузовой платформы в пределах шасси лесотранспортной машины широко используются транспортные системы (ТС), включающие тягач с прицепным элементом, в качестве которого могут использоваться полуприцеп, прицеп или роспуск.

Перемещение легких, малогабаритных ТС под пологом древостоя в процессе подтрелевки древесины к волокам предполагает наличие коридоров (проходов) между деревьями и необходимость маневрировать объезжая препятствия. Ранее нами был рассмотрен процесс маневрирования малых лесозаготовительных машин под пологом древостоя и выполнена

сравнительная оценка необходимого для прохода лесотранспортной машины уширения коридора между элементами леса, подлежащих сохранению [9]. Исследованиями проходимости легких вездеходов занимались многие авторы, глубоко этой проблемой занимался Иванов Н. А. [10-12]. При повороте ТС ширина необходимых для этого коридоров определяется, при равных прочих обстоятельствах, не только маневренностью тягача и габаритами транспортного пакета, но и способностью прицепного элемента следовать при повороте за тягачом с минимальными отклонениями. Выбор прицепных устройств, позволяющих минимизировать ширину необходимых проходов при маневрировании ТС, в процессе трелевки древесины, определяет в значительной степени возможность их работы под пологом древостоя.

Рассмотрим процесс поворота ТС, включающей двухосный тягач с передними управляемыми колесами, с различными прицепными элементами при маневрировании.

Схема для определения ширины прохода, необходимого для поворота ТС с полуприцепом, приведена на рисунке 1.

Ширина коридора, необходимого для беспрепятственного перемещения ТС с полуприцепом по радиальной кривой, составит:

$$B_{ппр} = R_{nm} - R_{n\backslash n}; \quad (1)$$

где R_{nm} - радиус поворота переднего внешнего колеса тягача при повороте ТС, м;

$R_{n\backslash n}$ - радиус поворота внутреннего колеса полуприцепа при повороте ТС, м;

При этом радиус поворота внешнего заднего колеса тягача составит:

$$R_{зми} = \sqrt{(R_{nm}^2 - l_M^2)} \quad (2)$$

где l_M - база ЛТМ (расстояние между осями), м;

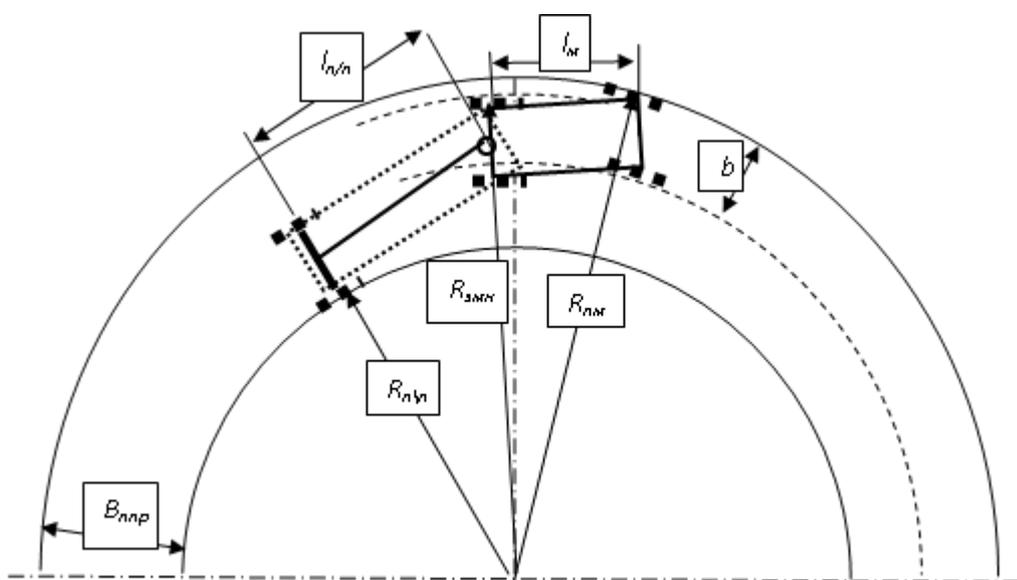


Рисунок 1. Схема расчета ширины прохода при повороте ТС с полуприцепом

Радиус поворота внутреннего колеса полуприцепа определится из уравнения:

$$R_{n/n} = \sqrt{R_{змн}^2 - l_{n/n}^2} - b \quad (3)$$

где $l_{n/n}$ - длина полуприцепа (расстояние между его осью и задним мостом тягача), м;
 b - ширина ТС, м.

Минимальный радиус поворота ТС с полуприцепом определится из условия $R_{n/n} = 0$

Дополнительное уширение коридора, необходимого для перемещения ТС, составит:

$$CD_{nn} = B_{нпр} - b \quad (4)$$

При поворотах ТС с **прицепом** его передние и задние колеса будут двигаться по кривым различных радиусов (см. рис. 2).

Ширина коридора, необходимого при повороте ТС с прицепом, составит:

$$B_{нп} = R_{нм} - R_{зн} \quad (5)$$

Радиус поворота переднего наружного колеса прицепа составит:

$$R_{ннп} = \sqrt{((R_{змн} - b/2)^2 - l_0^2)} + b/2 \quad (6)$$

Радиус поворота заднего внутреннего колеса прицепа составит:

$$R_{зн} = \sqrt{((R_{ннп} - b/2)^2 - l_n^2)} - b/2; \quad (7)$$

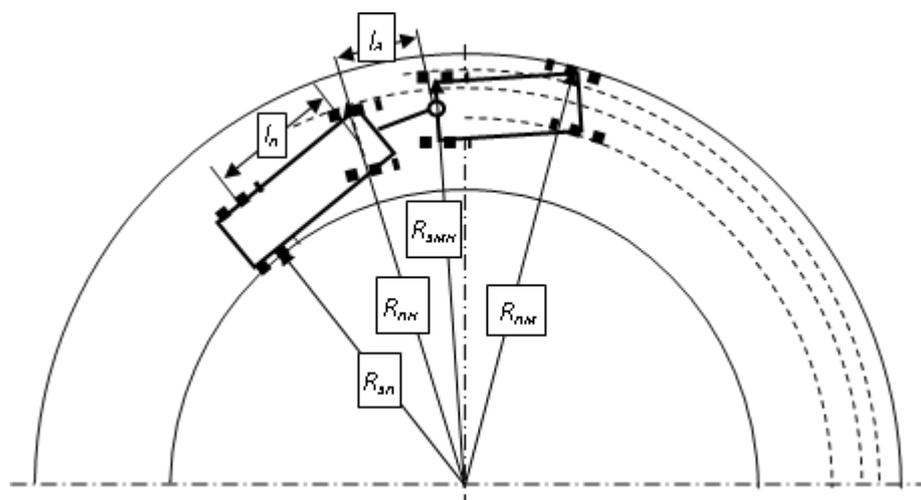


Рисунок 2. Схема расчета ширины прохода при повороте ТС с прицепом

Минимальный радиус поворота ТС с прицепом определится из условия $R_{зн} = 0$.

Дополнительное уширение коридора необходимого для перемещения ТС при повороте, составит:

$$CD_n = B_{нп} - b \quad (8)$$

Конструкция **ропуска**, поворот колес которого осуществляется двумя перекрещивающимися тягами, закрепленными на краях ходовой тележки ропуска и тягача, обеспечивает движение задних колес тягача и колес ропуска по одному радиусу. Схема для

определения уширения коридора, необходимого для перемещения ТС с роспуском при повороте, приведена на рисунке 3.

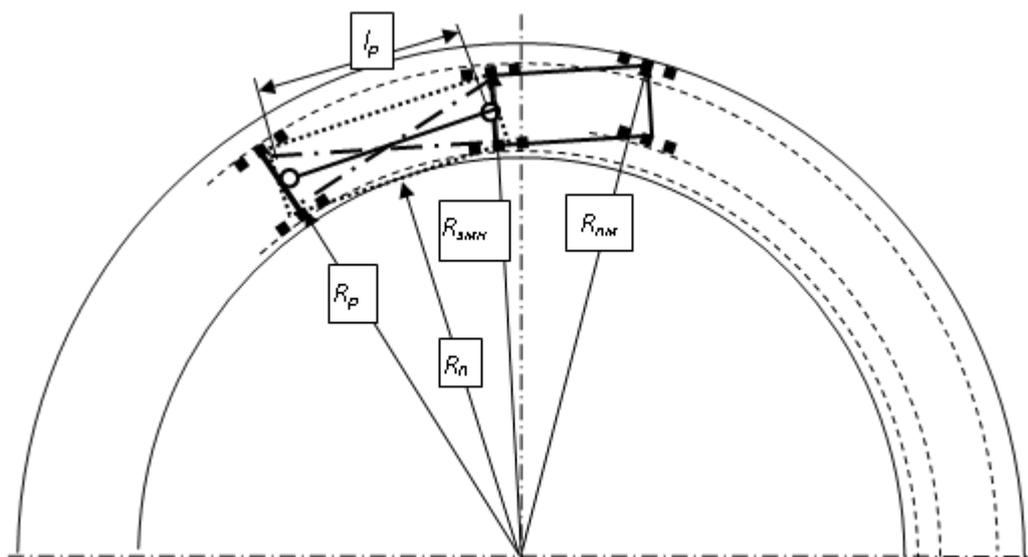


Рисунок 3. Схема расчета ширины коридора при повороте ТС с роспуском

Общая ширина коридора, необходимого при повороте для прохода ТС, включающей тягач и роспуск, составит:

$$B_p = R_{nm} - R_0 \quad (9)$$

где R_0 - элемент ТС, имеющий минимальный радиус поворота (средняя часть внутреннего борта грузовой платформы), м;

$$R_0 = \sqrt{((R_{зmn} - b/2)^2 - l_p^2/4)} - b/2; \quad (10)$$

где $R_p = R_{зmn}$ - радиус поворота наружного заднего колеса тягача и роспуска, м.

Дополнительное уширение необходимого коридора при повороте транспортной системы, включающей тягач и роспуск, составит:

$$CD_p = B_p - b \quad (11)$$

Минимальный радиус поворота ТС с роспуском ограничен взаимным положением поворотных колес роспуска и задних колес тягача. Максимальными будут углы, близкие к 90^0 . Минимальный радиус перемещения заднего внешнего колеса тягача составит:

$$R_{зmn} \geq \sqrt{(l_p^2 - (b/2)^2 - l_p^2/4)} + b/2 \quad (12)$$

Максимальная длина лесоматериалов, перемещаемых ТС, определится длиной грузовой платформы и допустимой величиной свеса. Величина свеса в свою очередь определяется дополнительным уширением коридора, необходимого при повороте для прохода ТС.

Для ТС, включающей полуприцеп, максимальный свес составит:

$$l_{с.п/n} \leq \sqrt{(R_{nm}^2 - (R_{n/n} + b)^2)} \quad (13)$$

Для ТС, включающей прицеп, максимальный свес составит:

$$l_{c,np} \leq \sqrt{(R_{nm}^2 - (R_{zn} + b)^2)} \quad (14)$$

Для ТС, включающей роспуск, максимальный свес составит:

$$l_{c,p} \leq \sqrt{(R_{nm}^2 - (R_p + b)^2)} \quad (15)$$

3. Результаты

Графическая интерпретация результатов расчетов дополнительного уширения коридора, необходимого при повороте для прохода ТС, с колесным тяговым модулем с передними поворотными колесами, длиной 2 метра и различными прицепными элементами (прицеп, полуприцеп, роспуск) от радиуса поворота при длине грузовой платформы 4 и 2 метра, представлена на рисунках 4 и 5 соответственно.

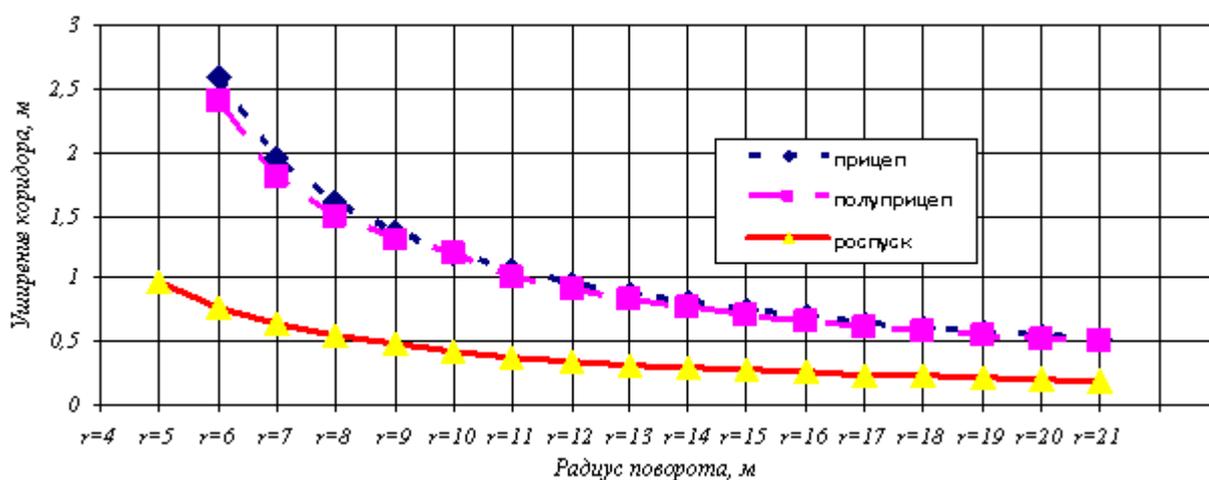


Рисунок 4. Зависимость уширения коридора, необходимого для беспрепятственного прохода ТС при повороте в зависимости от радиуса поворота при длине грузовой платформы 4 метра

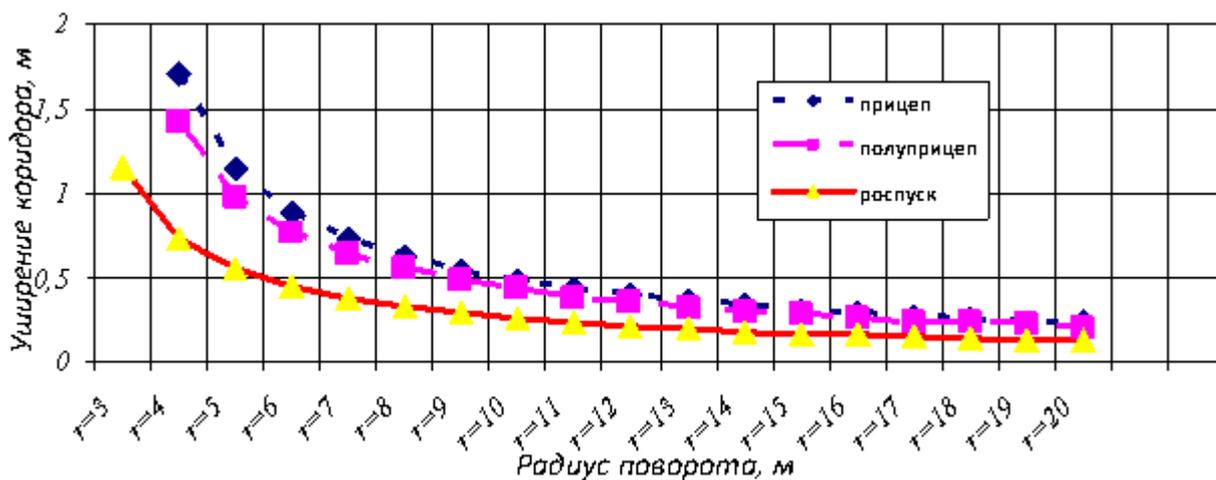


Рисунок 5. Зависимость уширения коридора, необходимого для беспрепятственного прохода при повороте ТС в зависимости от радиуса поворота при длине грузовой платформы 2 метра

Зависимость уширения коридора, необходимого для прохода ТС с колесным тяговым модулем длиной 2 метра с передними поворотными колесами и различными прицепными элементами (прицеп, полуприцеп, роспуск) в зависимости от длины грузовой платформы при радиусе поворота внешнего колеса тягача 6 и 10 метров, представлена на рис.6 и 7 соответственно.

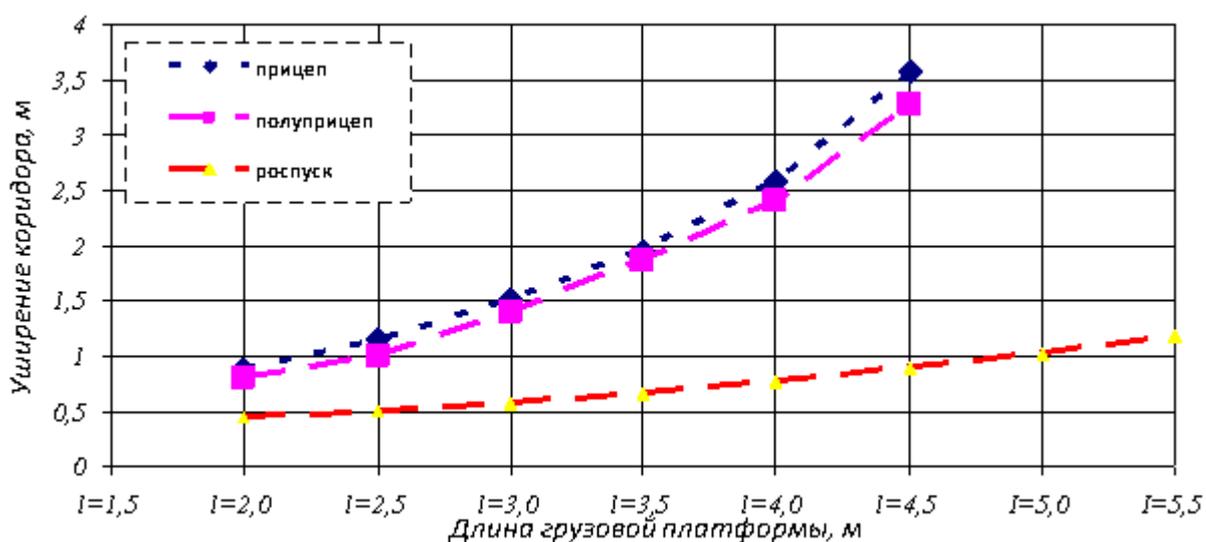


Рисунок 6. Зависимость уширения коридора, необходимого при повороте для прохода ТС в зависимости от длины грузовой платформы при радиусе поворота тягача 6 метров

При радиусе поворота внешнего колеса тягача 10 метров график зависимости уширения коридора, необходимого ТС с колесным тяговым модулем и передними поворотными колесами длиной 2 метра и различными прицепными элементами (прицеп, полуприцеп, роспуск) в зависимости от длины грузовой платформы, приведен на рис.7.

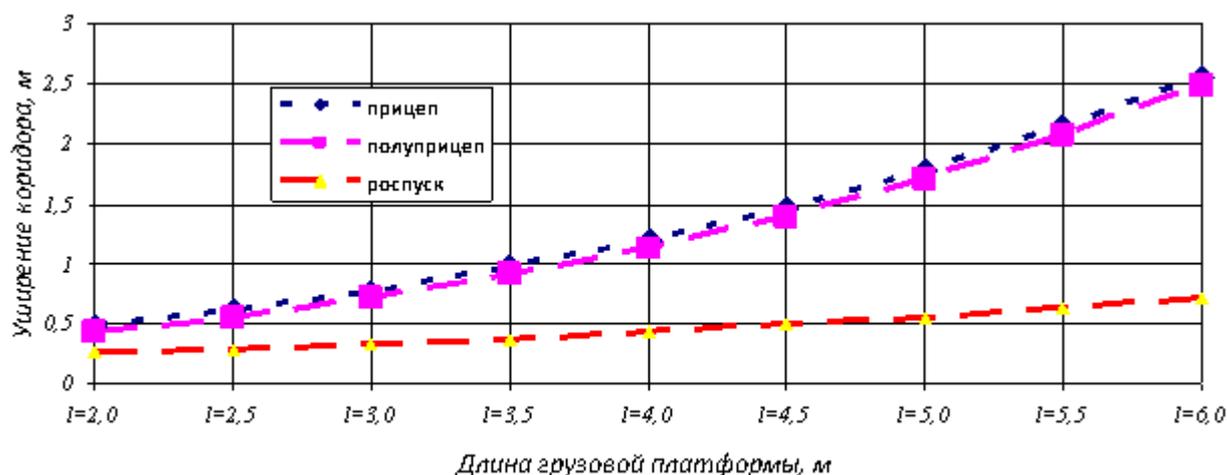


Рисунок 7. Зависимость уширения коридора, необходимого для прохода ТС в зависимости от длины грузовой платформы при радиусе поворота ведущих колес 10 метров

Минимальный радиус поворота ТС шириной 1,5 метра с колесным тягачом длиной 2 метра и передними поворотными колесами в зависимости от длины грузовой платформы приведен на рис.8.

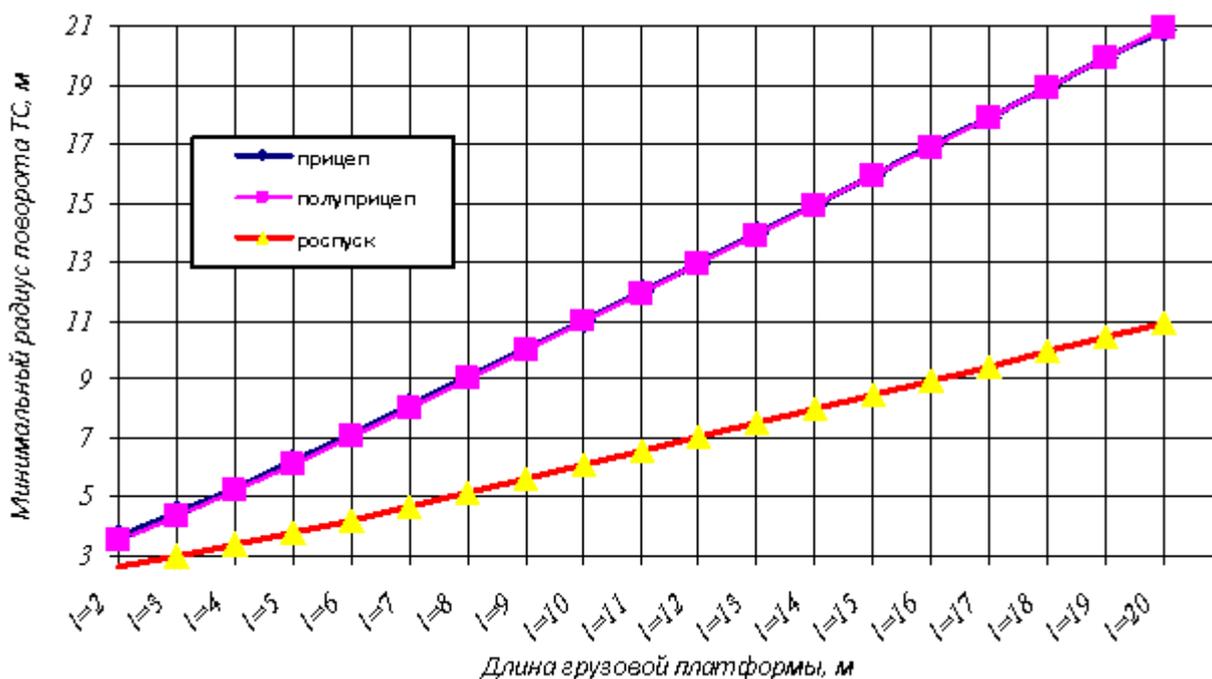


Рисунок 8. Зависимость минимального радиуса поворота ТС шириной 1,5 м и длиной тягача 2 м в зависимости от длины грузовой платформы

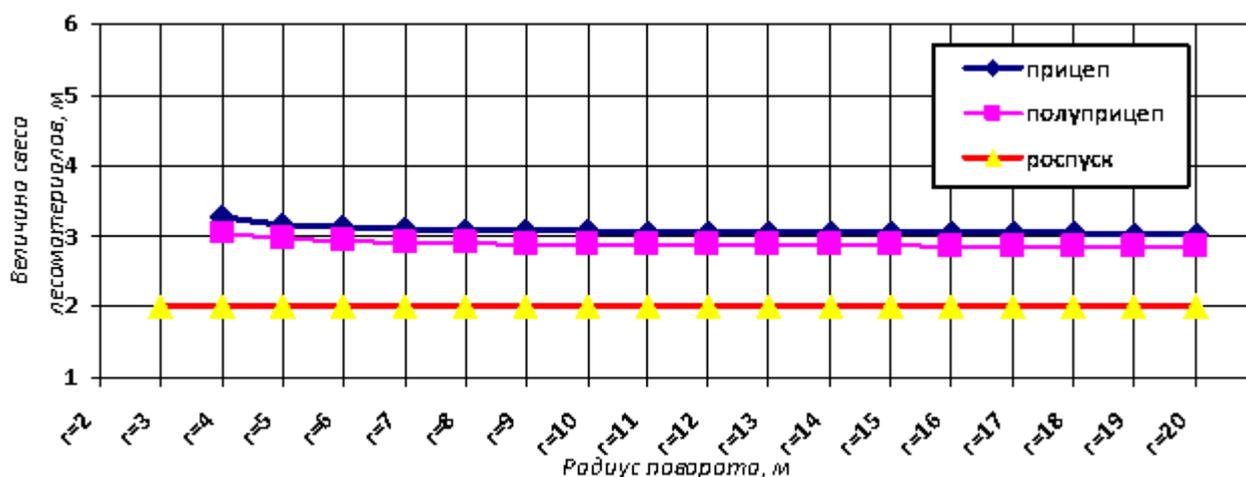


Рисунок 9. Зависимость максимального свеса трелеваемых лесоматериалов с платформы прицепных элементов при повороте в зависимости от радиуса поворота тягача

Максимальная величина свеса перемещаемых лесоматериалов с прицепного устройства по условию ширины коридора, необходимого для беспрепятственного прохода ТС с колесным тягачом и передними поворотными колесами длиной 2 метра при повороте ТС с

различными прицепными элементами, в зависимости от радиуса поворота тягача, длины тягового модуля ТС и общей длины ТС, приведены на рис. 9, 10 и 11 соответственно.

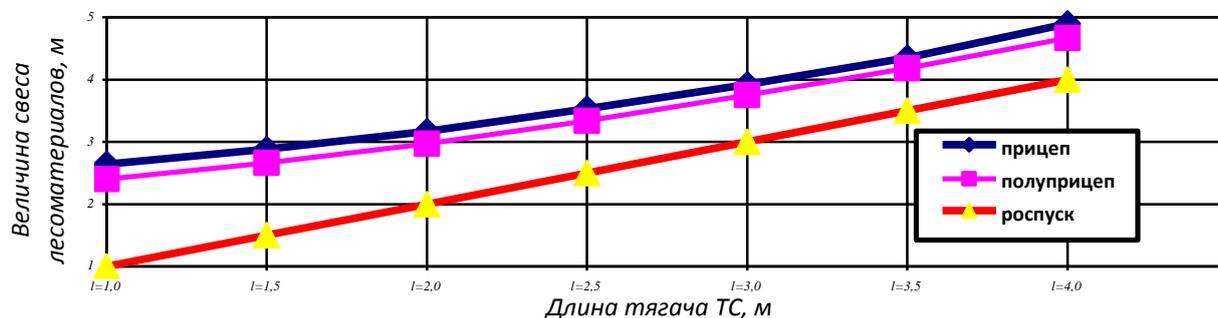


Рисунок 10. Зависимость максимального свеса трельюемых лесоматериалов с платформы прицепных элементов при повороте в зависимости от длины тягача ТС при длине грузовой платформы 2 метра и радиусе поворота 5 метров

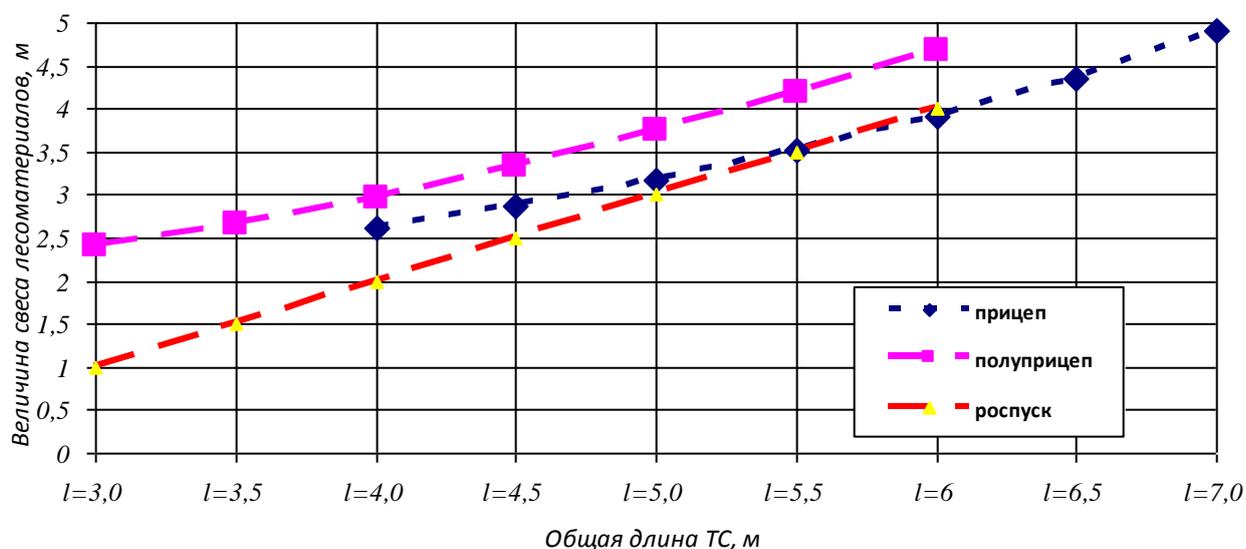


Рисунок 11. Зависимость максимального свеса трельюемых лесоматериалов с платформы прицепных элементов при повороте в зависимости от общей длины ТС при длине грузовой платформы 2 метра и радиусе поворота 5 метров

4. Обсуждение и заключение:

Таким образом, очевидно, что для прицепа и полуприцепа требуемое уширение коридора существенно различается при минимальных радиусах поворота, причем это различие определяется в основном наличием у прицепа дышла, увеличивающего длину ТС при прочих равных условиях. Уширение коридора, необходимого для беспрепятственного прохода ТС в комплекте с прицепом и полуприцепом при повороте по радиусу более 10-12 метров, незначительно. Применение роспуска в качестве прицепного элемента ТС, позволяет

осуществлять маневрирование с меньшими уширениями коридора, необходимого для ее прохода, в сравнении с другими рассмотренными вариантами.

Увеличение длины грузовой платформы не только ограничивает минимально возможный радиус поворота ТС, но и требует существенно большего уширения коридора, необходимого для ее прохода. Преимущество ТС с роспуском по критерию уширения коридора, для беспрепятственного ее прохода, возрастает по мере увеличения длины грузовой платформы.

Приведенные графики наглядно иллюстрируют незначительную зависимость максимального свеса трелюемых лесоматериалов от крутизны маневрирования ТС с такими прицепными устройствами как прицепы и полуприцепы, и ее отсутствие для ТС с роспуском.

Вместе с тем допустимая по условию ширины коридора величина свеса трелюемых лесоматериалов в рассмотренных вариантах сопоставима с длиной грузовой платформы. Столь значительный свес недопустим по условию равномерного распределения нагрузки на оси грузовой платформы ТС.

Таким образом, можно констатировать:

1. Минимальный радиус поворота ТС определяется ее общей длиной и типом прицепного устройства. При равной длине грузовой платформы наименьший минимальный радиус поворота у ТС, включающей роспуск, а наибольший у ТС с прицепом. Увеличение минимального радиуса поворота ТС при работе с прицепом в сравнении с полуприцепом определяется наличием дышла и его длиной.

2. При движении ТС по радиальным кривым уширение коридора, необходимого для беспрепятственного прохода, определяется ее общей длиной и минимально при комплектовании тягача роспуском, колеса которого повторяют траекторию задних колес тягача. Преимущество ТС с роспуском наиболее очевидно при минимальных радиусах поворота и возрастает по мере увеличения длины грузовой платформы.

3. При равной длине грузовой платформы прицеп имеет худшие показатели маневренности в составе ТС, т. к. при равных прочих габаритах ее длина больше на длину дышла прицепа. При малой длине грузовой платформы использование прицепа при трелевке лесоматериалов под пологом древостоя наименее рационально.

4. Возможность перемещения ТС лесоматериалов, длина которых превышает длину грузовой платформы при маневрировании под пологом древостоя, ограничивается условием распределения нагрузки между осями грузовой платформы.

Литература

1. Азаренок В. А., Герц Э. Ф., Залесов С. В., Луганский Н. А. Сортиментная технология лесосечных работ при равномерно-постепенных рубках // Аграрный вестник Урала. - 2012. - № 8. - С. 51-54
2. Герц Э. Ф., Залесов С. В. Повышение лесоводственной эффективности несплошных рубок путем оптимизации валки назначенных в рубку деревьев // Лесное хозяйство. - 2003. - № 5. - С. 18.
3. Lofler H. Forstliche Verfahrenstechnik (Holzernte), Manuskript, Lehrstul fur Forstliche Arbeitswissenschaft und der Uniwersitet Vunchen, 2. Uberarbeitete Auflage. - С. 527

4. Kuratorium fur Waldarbeit und Forsttechnik:Waldarbeit im Umbruch? Tagungsfurer zur 11. KWF-Tagung in Koblenz/ Gross-Umstadt. - 1992. - С.132
5. Vorliefern mit Bodenseilzug/Forstraktor//Praxishilfe. Zeitaufwand fur Holzernteverfahren/ Grundlage furPauschalasatze/Bundesamt fur Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) – Bern. - 1997. - С. 70
6. Герц Э. Ф., Азаренок В. А., Лившиц Н. В., Мехренцев А. В. К вопросу о целесообразности применения операции подтрелевка при несплошных рубках//Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2002. - № 3. - С. 44-48.
7. 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. - С. 30-32.
8. Иванов Н. А., Лейбович М. В. Основы теории легких колесных вездеходов. – Владивосток: Дальнаука, 2010. -256 с.
9. Мехренцев А. В., Герц Э. Ф., Новосёлова А. В., Глазырин В. В. Природоохраняющие технологии заготовки древесины// Лесная промышленность. - 2000. - № 2. - С. 24.
10. Иванов Н. А., Мясников Е. В. Оценка проходимости трехколесного вездехода по лесистой местности // ИНВУЗ «Лесной журнал». - 2005 - №5. – С. 45-53.
11. Иванов Н. А. Профильная проходимость транспортно-технологических машин с шарнирно-сочлененной рамой под пологом леса // Вестник КрасГАУ. - 2007 - №5. - С. 141-149.
12. Иванов Н. А. Сравнительная оценка профильной проходимости легких вездеходов под пологом леса // Известия СПб ГЛТА. - 2007. - №180. – С. 180-185.

References

1. Azaronak V. A., Hertz E. F., Zalesov S. V., Lugansky N. A. Short logs technology logging activities at regular intervals, gradual felling // Agricultural messenger Urals. 2012. № 8. p. 51-54
2. Hertz E. F., Zalesov S. V. Increasing the efficiency of selective cutting silvicultural by optimizing felling designated felling trees // Forestry. 2003. № 5. p. 18.
3. Lofler H. Forestry Chemical Engineering (harvesting), Manuscript, Department of Forest Work Science and University of Vunche, 2nd Revised Edition. p. 527
4. Board of Trustees for Forestry Work and Technology: Forest work in transition? Meeting Furer the 11th KWF-Meeting in Koblenz / Gross-Umstadt. 1992. p.132
5. Vorliefern bottomed cable / Forestry tractor // practical help. Time for harvesting method / basis furPauschalasatze / Federal Office for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL) - Bern. 1997. p. 70
6. Hertz E. F., Azaronak V. A., Livshits N. V., Mehrentsev A. V. On the question of the appropriateness of under skidding operations selective logging // Proceedings of the higher educational institutions. Forest magazine. Number 3. 2002. p. 44-48.
7. Bezgina J. N., Hertz E. F., Ivanov V. V., Perepechina T. A Urazova A. F., Terina N. N. What gear you need a machine running under the canopy of the stand? / Russian forests and farming in them. Number 2. 2014. p. 30-32.
8. Ivanov N. A., Leibowitz M. V. Basic theory of light-wheeled ATVs. - Vladivostok: Dal'nauka 2010. p. 256
9. Mehrentsev A. V., Hertz E. F., Novoselova A. V., Glazyrin V. V. Environmentally safe technology timber // Forestry 2000. № 2.p. 24.

10. Ivanov N. A., Myasnikov E. V. Evaluation of patency three-wheeled all-terrain vehicle on a wooded area // INVUZ "Forestry Journal". 2005 №5. p. 45-53.
11. Ivanov N. A. Profile cross-country transport and technological machines with articulated under the forest canopy // Herald KraGAU. 2007 №5. p.141-149.
12. Ivanov N. A. Comparative evaluation of the profile-road ATVs light under the canopy // Bulletin of St. Petersburg State Forest Technical Academy. 2007.№180. p. 180-185.

© 2016 Безгина Ю. Н., Герц Э. Ф., Перепечина Т. А., Теринов Н. Н., Уразова А. Ф.