

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАБОТЫ ПОД ПОЛОГОМ ДРЕВОСТОЯ

**Азаренок В. А., проф., д.с-х.н., Герц Э. Ф., доц., д.т.н., Теринов Н. Н. д.с-х.н.,
Перепечина Т. А., асп.**

Уральский государственный лесотехнический университет
(Екатеринбург, Россия), e-mail: gerz.e@mail.ru

TRANSPORT SYSTEM FOR WORK IN STAND

**Azarenok V. A., Prof., D.Sc., Gerz E. F., Assoc. Prof., D.Sc., Terinov N. N., D.Sc.,
Perepechina T. A., asp.**

Ural State Forest Engineering University
(Ekaterinburg, Russia)

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.

Выполнение рубок ухода и выборочных рубок в спелых и перестойных древостоях предполагает, как правило, технологии с шириной пасаки более 20 метров. Ширина пасаки при этом является одной из косвенных характеристик определяющих минимально возможную интенсивность изреживания древостоя. Возможность разрубки пасаки такой ширины манипуляторными лесозаготовительной машины (ЛЗМ) ограничивается не только максимальным вылетом манипулятора, но и резким снижением возможности доставки захватно-срезающего устройства к деревьям подлежащим рубке (доступности) по мере увеличения их ширины и густоты формируемого древостоя [1]. Доступность деревьев отведенных в рубку не только определяет возможный диапазон параметров рубок, но и характеризует риски повреждения деревьев оставляемых на доращивание в процессе выполнения рубок. Таким образом, доступность деревьев отведенных в рубку на лесосеке может служить не только мерой возможности реализации поставленной задачи, но и мерой повреждения подроста и деревьев, оставляемых на доращивание, а значит одним из показателей экологичности рубок, определяемой степенью сохранности всех компонентов леса.

Одним из вариантов решения задачи, по выравниванию доступности деревьев отведенных в рубку по всей ширине пасаки, является использование ЛЗМ работающих под пологом древостоя. Возможность перемещения ЛЗМ в насаждении под пологом древостоя при выполнении рубок ухода и выборочных рубок определяется как её конструктивными параметрами, так и характеристиками насаждения.

Наибольшие сложности вызывает перемещение лесотранспортными системами древесины из удаленных от волоков зон недотягаемых манипулятором ЛЗМ. Возможность маневрирования между деревьями, оставляемыми на доращивание, определяется как габаритами и маневренностью лесотранспортной системы, так и в значительной степени габаритами трельюемого пакета древесины. Ширина коридора может и должна определяться как большая из двух величин: по границам траектории перемещения движителей и по траекториям перемещения грузовой платформы. При этом общая длина лесотранспортной мини ма-

шины (ЛТМ) оказывает влияние на маневренность машины (ограничивает минимальный радиус поворота) и приводит к дополнительному уширению необходимого для маневрирования коридора.

Существенное влияние на дополнительное уширение прохода необходимого для ЛТМ оказывает общая компоновка и ее механизм поворота. В ЛТМ, как правило, используются гусеничные или колесные движители.

Механизм поворота машин с гусеничным движителем обеспечивает минимальный радиус поворота. Для разворота машине необходима круговая площадка с диаметром близким к длине машины. Однако такие повороты приводят к сдвигу и минерализации почвы, что рассматривается как значительный экологический ущерб лесной экосистеме. Разделение движителей на гусеничные и колесные не является строгим, поскольку современные колесные движители могут, при необходимости, трансформироваться в гусеничные за счет съемных гусениц. Поэтому мы ограничимся сравнением шасси с колесным движителем и двумя вариантами поворота: шарнирно-сочлененной рамой и передними поворотными колесами.

Колесное шасси имеет, как правило, два передних поворотных колеса. При движении таких шасси по дуге радиусы поворота передних и задних колес не совпадают, что приводит к уширению необходимого для прохода ЛТМ коридора [2].

При расстоянии между мостами ЛТМ (l_m) и ширине машины (b) движении переднего внешнего поворотного колеса по максимальному радиусу (R_{nm}) заднее, внутреннее, определяющее ширину необходимого коридора, будет двигаться по минимальному радиусу величиной: $R_{zm} = \sqrt{R_{nm}^2 - l_m^2} - b$.

При этом $R_{nm} > l_m + b$, а уширение необходимого прохода составит: $CD_n = R_{zm} - b$

Движение передних и задних колес по одной общей траектории обеспечивается синхронным поворотом обеих пар колес (мостов) например шарнирно-сочлененным шасси. Минимальный радиус поворота такого шасси определяется при угле поворота колес на 45° . Вместе с тем ширина требуемого коридора для проезда ЛТМ с двумя парами колес при движении по одной кривой, может не ограничиться шириной трактора. На поворотах с малыми радиусами грузовая платформа может оказывать существенное влияние на уширение необходимого прохода. Для грузовых платформ передние и задние колеса, которых движутся при маневрировании по одной дуге дополнительное уширение определится величиной $CD_{ш}$:

Уширение необходимого для прохода ЛТМ коридора составит:

$$CD = R_n - \sqrt{R_n^2 - (l_m / 2)^2}$$

где (R_n) - радиус поворота колеса по внутренней дуге

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** [3].

Перемещение легких, малогабаритных ТС под пологом древостоя в процессе подтрелевки древесины к волокам предполагает наличие коридоров (проходов) между деревьями и необходимость маневрировать объезжая препятствия. 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.

Ширина коридора необходимого для беспрепятственного перемещения ТС с полуприцепом по радиальной кривой составит: $B_{nnp} = R_{nm} - R_{n/n}$;

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

$R_{n/n}$ – радиус поворота внутреннего колеса полуприцепа при повороте ТС, м;

При этом радиус поворота внешнего заднего колеса тягача составит:

$$R_{змн} = \sqrt{(R_{nm}^2 - l_m^2)}$$

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

Радиус поворота внутреннего колеса полуприцепа определится из уравнения:

$$R_{n/n} = \sqrt{R_{змн}^2 - l_{n/n}^2} - b$$

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:

$$CD_{nn} = B_{nnp} - b$$

При поворотах ТС с **прицепом** его передние и задние колеса будут двигаться по кривым различных радиусов.

Ширина коридора необходимого при повороте ТС с прицепом составит:

$$B_{np} = R_{nm} - R_{zn}$$

Радиус поворота переднего наружного колеса прицепа составит:

$$R_{nm} = \sqrt{((R_{змн} - b/2)^2 - l_o^2)} + b/2$$

Радиус поворота заднего внутреннего колеса прицепа составит:

$$R_{zn} = \sqrt{((R_{nm} - b/2)^2 - l_n^2)} - b/2;$$

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

Дополнительное уширение коридора необходимого для перемещения ТС при повороте составит: $CD_n = B_{np} - b$.

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

$$B_p = R_{nm} - R_0$$

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

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

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

Дополнительное уширение необходимого коридора при повороте транспортной системы включающей тягач и ропуск составит: $CD_p = B_p - b$

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

$$R_{\text{зми}} \geq \sqrt{(l_p^2 - (b/2)^2 - l_p^2/4)} + b/2$$

Графическая интерпретация результатов расчетов дополнительного уширения коридора необходимого при повороте для прохода ТС с колесным тягачом длиной 2 метра и передними поворотными колесами и различными прицепными элементами (прицеп, полуприцеп, роспуск) при длине грузовой платформы 4 метра представлена на рисунке 1.

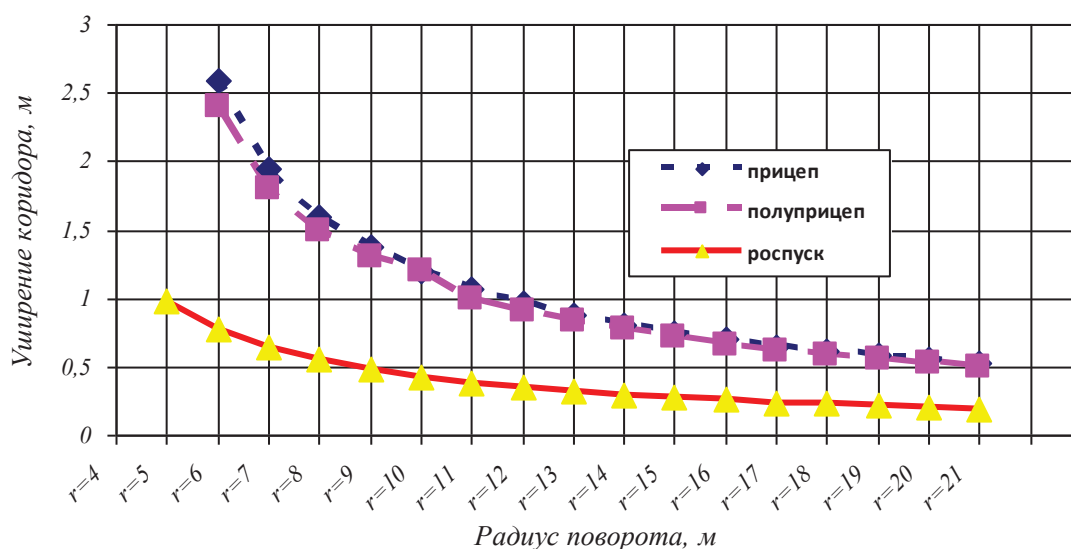


Рисунок 1 – Зависимость уширения коридора необходимого для беспрепятственного прохода ТС при повороте от радиуса поворота при длине грузовой платформы 4 метра

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

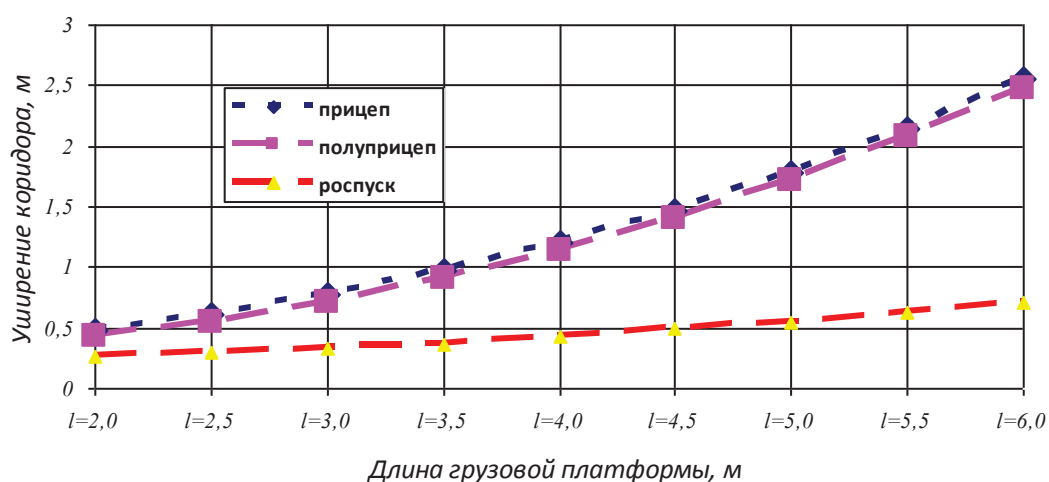


Рисунок 2 – Зависимость уширения коридора необходимого для прохода ТС от длины грузовой платформы при радиусе поворота ведущих колес 10 метров

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 рисунке 3.

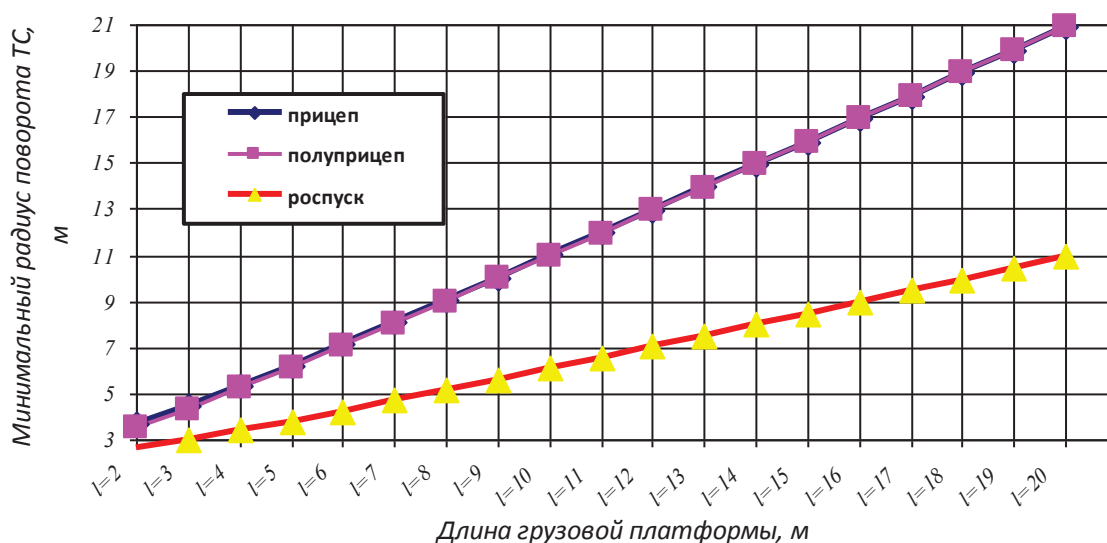


Рисунок 3 – Зависимость минимального радиуса поворота ТС шириной 1,5 м и длиной тягача 2 м от длины грузовой платформы

Таким образом, можно заключить что:

1. Минимальный радиус поворота ТС определяется ее общей длиной и типом прицепного устройства. При равной длине грузовой платформы наименьший минимальный радиус поворота 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 комплектации 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. С. 40-42.
2. 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.
3. Безгина Ю. Н., Герц Э. Ф., Иванов В. В., Перепечина Т. А., Теринов Н.Н., Уразова А.Ф. Условия и возможность работы лесотранспортных машин под пологом древостоя//Resources and Technology. 2016. Т. 13. № 2. С. 20-33.