

## Влияние длины опорной поверхности гусениц на проходимость лесной машины

М. И. Куликов<sup>1</sup>

А. А. Лысоченко

*Петрозаводский государственный университет*

Схема транспортировки (трелевки) древесины существенно влияет на интенсивность разрушения грунта, уничтожение подроста, повреждение древостоя и т. п. В статье приводятся результаты испытаний макетного образца сортиментовоза на базе тракторов ОТЗ в различных грунтовых и эксплуатационных условиях.

**Ключевые слова:** трелевка, транспортировка, сортиментовоз, испытания, макетный образец, платформа полуприцепа, движение, энергетический модуль, направляющее колесо, радиус поворота, единичные препятствия, проезд препятствий.

Одним из путей повышения эффективности использования первичного транспорта леса в технологическом цикле лесозаготовок является интенсификация транспортировки (трелевки) пакета древесины, которая во многом предопределяется увеличением полезной нагрузки (объема пакета) и скоростью движения машины.

В зависимости от условий эксплуатации, принятой схемы транспортировки пакета увеличение нагрузочного и скоростного режимов по-разному влияют на эффективность работы машины. В распространенной схеме - транспортировка в полупогруженном положении (трелевка) - увеличение грузоподъемности и скорости движения машины приводит к интенсивному перераспределению нагрузки по опорным каткам, колееобразованию, увеличению сопротивления движению трактора и волочащейся части пакета, прогрессированию буксования и т. п. Все это способствует более интенсивному разрушению поверхностного слоя грунта, повреждению корневой системы, стволов оставшихся деревьев, уничтожению подроста и др. Естественно, это не способствует экологической совместимости системы "машина - лесная среда", особенно на грунтах с низкой несущей способностью.

Известно, что транспортировка пакетов в полностью погруженном положении позволяет значительно облегчить перемещение машины с грузом. При данной схеме и при соответствующей развесовке (что технически больших затруднений не вызывает) можно добиться оптимального распределения нагрузки по длине опорной поверхности.

Это позволяет устранить многие отрицательные явления, присущие транспортировке в полупогруженном положении: уменьшить величину максимального удельного давления и колееобразования, повысить тягово-сцепные свойства, уменьшить сопротивление движению, буксование и др., - т. е. в конечном итоге повысить проходимость машины.

Учитывая преимущество второй схемы транспортировки древесины, ГСКБ ОТЗ проработало конструкцию и изготовило несколько типов машин для транспортировки древесины в полностью погруженном положении - сортиментовозы.

Сортиментовозы были изготовлены по двум принципиальным схемам:

- сортиментовоз с полуприцепом (гусеничным и колесным);
- моносортиментовоз (пакет полностью расположен на тягаче).

Проведенные обширные исследования макетных образцов новых машин показали их существенные преимущества перед трелевочными тракторами. Появление новой, более мобильной машины предъявило к ней и более жесткие требования в плане проходимости и маневренности. И если при движении передним ходом и проходимостью, и маневренностью в основном удовлетворяли этим требованиям, то при движении задним ходом в отдельных ситуациях возникали проблемы.

Испытания макетных образцов сортиментовозов на базе серийных тракторов с полуприцепом на гусеничном ходу показали, что при движении задним ходом по торфяной залежи полуприцеп при своем движении, разрушая верхний дерновый слой, постепенно погружается в торфяную залежь до момента соприкосновения (упора) платформы полуприцепа с задним мостом трактора. При движении задним ходом при подъеме в гору или преодолении препятствия на супесчаных грунтах при возникновении буксования происходит наклон трактора в сторону кабины (вперед), и при дальнейшем буксовании и движении назад происходит аналогичное соприкосновение, но уже заднего моста с платформой полуприцепа.

Этому способствовали смещение вперед центра тяжести трактора относительно середины опорной поверхности гусениц, а также разгрузка задней каретки и отрыв ведущего колеса от грунта при заднем ходе, приводящие к резкому возрастанию давлений на переднюю каретку и увеличенному наклону трактора вперед.

Для возможного устранения указанного недостатка, т. е. для повышения проходимости и маневренности трактора при движении задним ходом, коллективом ГСКБ АО "ОТЗ" был разработан и изготовлен макетный образец ходового аппарата с передней гидроуправляемой трехкатковой кареткой, которая при опускании переднего направляющего колеса должна

<sup>1</sup> Авторы - соответственно доцент кафедры тяговых машин и руководитель проекта  
© М. И. Куликов, А. А. Лысоченко, 1999

повысить устойчивость трактора, в том числе обеспечить нормальную работу сортиментовоза с гусеничным полуприцепом.

Испытания макетного образца гусеничного энергетического модуля с управляемой трехкатковой кареткой в комплектации с гусеничным полуприцепом были проведены на учебно-испытательной базе Петрозаводского университета.

При этом подразумевалось, что макетный образец энергетического модуля с модернизированной ходовой системой, принципиальной особенностью которой по сравнению с базовым трактором является применение передней трехкатковой каретки с механизмом подъема и опускания направляющего колеса, реализующей идею управления длиной опорной поверхности гусениц, позволит существенно повысить продольную устойчивость трактора при движении задним ходом, а вместе с ней и проходимость, и маневренность.

В качестве оценочных показателей испытаний были приняты:

- скорость движения;
- радиус поворота (маневренность);
- преодоление единичных препятствий;
- движение по пересеченной местности с преодолением уклонов до  $26^\circ$ .

Испытания проводились при опущенном и поднятом положении направляющего колеса как с грузом на полуприцепе, так и без него.

Время прохождения мерного участка и соответственно скорость движения представлены в таблице.

Замеры времени прохождения мерного участка проводились до получения стабильных результатов, но не менее 3-кратных замеров.

Как видно из приведенной таблицы, при движении по ровной заснеженной укатанной дороге, время прохождения мерного участка и скорости движения отличаются незначительно, с несколько лучшими показателями при поднятом направляющем колесе.

Нужно отметить, что в случае движения трактора с опущенным направляющим колесом по снежной целине или по грунтам с низкой несущей способностью, следует ожидать, что эта разница будет возрастать из-за увеличивающегося сопротивления движению трактора (появление так называемого "бульдозерного эффекта").

Ходовые испытания энергетического модуля проводились на супесчаном не промерзшем грунте (в ноябре месяце). Испытания проводились при поднятом и опущенном направляющем колесе при прямолинейном и криволинейном движении. И прямолинейное

движение, и развороты проходили уверенно, без заметного изменения режима работы двигателя. Следует отметить, что при поворотах у передней каретки с опущенным направляющим колесом наблюдалось несколько большее нагребание грунта по сравнению с кареткой с поднятым направляющим колесом.

Дальнейшие испытания энергетического модуля проводились в декабре (на промерзшем грунте) с присоединенным полуприцепом на гусеничном ходу.

С целью выявления возможностей модернизированной ходовой системы был выбран самый напряженный режим испытаний: поворот "на месте" - с полностью заторможенной отстающей гусеницей при полной подаче топлива на ровной супесчаной площадке. Минимальный радиус поворота осуществлялся как при поднятом, так и при опущенном направляющем колесе с загрузкой и без загрузки платформы полуприцепа. Поворот на  $90...100^\circ$  осуществлялся при любом положении направляющего колеса с грузом и без груза на платформе полуприцепа легко, уверенно, без заметного изменения работы двигателя и буксования двигателя. При дальнейшем повороте платформа упирается в груз, имитирующий манипулятор. Дальнейший поворот происходил при более нагруженном двигателе и заметном буксовании гусеницы. Полный поворот на  $360^\circ$  был осуществлен как при опущенном, так и при поднятом направляющем колесе, как с грузом, так и без него.

При осуществлении поворота трактора с опущенным направляющим колесом участок гусеницы под направляющим колесом в передаче давления на грунт не участвовал, не наблюдалось также и нагребания снега этим участком.

Внешне поворот трактора с поднятым направляющим колесом происходил легче, чем при опущенном направляющем колесе. В результате поворота образовалась геометрическая фигура эллипсовидной формы, размеры которой по взаимно перпендикулярным осям составили для трактора с опущенным направляющим колесом с грузом на платформе  $540 \times 480$  см и без груза  $540 \times 460$  см. Для трактора с поднятым направляющим колесом - соответственно  $520 \times 450$  см и  $520 \times 470$  см.

Преодоление единичных препятствий осуществлялось при опущенном и поднятом направляющем колесе как с грузом (8 000 кг) на полуприцепе, так и без него, при прямолинейном движении на горизонтальном участке. В качестве препятствий использовались замороженные в грунт хлысты диаметром 34, 38 и 42 см и бетонные блоки высотой 45 и 55 см.

Переезд через препятствия осуществлялся уверенно, без буксования двигателей и сдвига препятствий.

Переезд препятствий осуществлялся двумя способами:

1. Наезд на препятствие одной гусеницей, затем второй ("шахматное" расположение препятствий).
2. Наезд на препятствие только одной гусеницей.

Переезд препятствий как в первом, так и во втором случае происходил уверенно, без буксования движителей и какого-либо изменения режима работы двигателя. Сдвига бетонных блоков, за исключением случая преодоления грузным сортиментовозом с опущенным направляющим колесом слабо примерзшего блока высотой 55 см, не наблюдалось.

Свободное преодоление таких высоких единичных препятствий объясняется тем, что, во-первых, передняя каретка в момент контакта направляющего колеса с препятствием по существу представляет собой каретку с двойным балансиrom и, во-вторых, тем, что грунтозацепы, входя в контакт с препятствием (по типу зубчатого зацепления), способствуют преодолению препятствия.

С целью объективной оценки влияния положения направляющего колеса (длины опорной поверхности гусениц) на устойчивость трактора и характер его движения по пересеченной местности были выбраны участки с различными профилем и уклоном.

Для испытаний были выбраны горизонтальные участки со следующими данными:

- с постепенным подъемом до 15 - 17°, с последующим крутым подъемом до 26° и с выездом на горизонтальный участок;
- с постепенным подъемом до 20° и плавным выездом на горизонтальный участок;
- с отвесным крутым подъемом высотой до двух метров и уклоном до 33°;
- с бетонными блоками на конце участка.

Движение по указанным участкам осуществлялось многократными заездами. Заезды проводились последовательно: то с опущенным направляющим колесом, то с поднятым; передним и задним ходом; с грузом на платформе полуприцепа и без него. Поскольку применение управляемой трехкатковой передней каретки предполагало в первую очередь улучшение продольной устойчивости трактора при движении задним ходом, то основной цикл испытаний сортиментовоза предусматривал движение задним ходом.

При этом оценочным критерием при движении по пересеченной местности являлось ограничение движения вследствие соприкосновения рамы полуприцепа с корпусом (задним мостом) энергетического модуля или потеря движения из-за буксования движителей.

Сравнение результатов проведенных испытаний показало, что ограничением движения задним ходом на первых двух участках было соприкосновение (упор) рамы полуприцепа и заднего моста энергетического модуля, независимо от положения направляющего колеса и загрузки полуприцепа.

При "упоре в отвесный" крутой подъем с уклоном до 33° и бетонные блоки высотой более 1 м ограничением движения было полное буксование движителей.

Здесь, очевидно, уместно будет отметить, что в процессе испытаний было замечено, что условия труда оператора (тракториста) на сортиментовозе с модернизированной ходовой системой менее благоприятны по сравнению с условиями работы на серийном тракторе ТБ-1 (трактор ТБ-1 использовался во время испытаний для выполнения вспомогательных работ) из-за заметного увеличения толчков на рабочем месте оператора, особенно при работе с опущенным направляющим колесом. Это можно объяснить тем, что при опущенном положении направляющего колеса упругий элемент подвески передней каретки блокируется и подвеска становится менее упругой.

Анализ результатов проведенных испытаний энергетического модуля с гидроуправляемой трехкатковой кареткой позволил установить следующее:

1. При движении по пересеченной местности и преодолении уклонов до 26...33°, независимо от положения направляющего колеса, фактором, ограничивающим движение сортиментовоза задним ходом, является соприкосновение (упор) рамы полуприцепа с задним мостом энергетического модуля и при "упоре в отвесный" крутой подъем и пороговые препятствия - буксование движителей.
2. Скорости движения на горизонтальной заснеженной укатанной дороге различаются незначительно, с несколькими лучшими показателями у энергетического модуля с поднятым направляющим колесом на повышенных передачах.

3. Поворот сортиментовоза на 90...100° осуществляется уверенно, без заметного изменения работы двигателя и буксования движителей. При дальнейшем (после упора платформы в груз, имитирующий гидроманипулятор) повороте происходит заметное увеличение загрузки двигателя и буксование движителей. Полный поворот на 360° осуществляется как при поднятом, так и при опущенном направляющем колесе, как с грузом на платформе полуприцепа, так и без него.

При осуществлении поворота трактора с опущенным направляющим колесом, участок гусеницы под направляющим колесом в передаче давлений на промерзший грунт не участвовал, не наблюдалось также и нагребания снега этим участком.

При разворотах (поворотах) энергетического модуля на супесчаном (не промерзшем) грунте наблюдалось нагребание грунта у передней каретки при опущенном направляющем колесе.

4. Преодоление единичных "пороговых" препятствий (высотой до 550 мм) осуществляется свободно независимо от положения направляющего колеса и нагрузки на платформе полуприцепа.

Таблица

Время прохождения мерного участка и скорости движения

Пе ре да ча	Направляющее колесо: поднято/опущено			
	без нагрузки		с нагрузкой	
	Время прохождения мерного участка, с	Скорость движения, км/ч	Время прохождения мерного участка, с	Скорость движения, км/ч
1	65/66	2,77/2,73	65/66	2,77/2,73
2	47,5/48	3,79/3,74	48/48,5	3,74/3,71
3	36/37	5,00/4,88	37/37,5	4,88/4,80
4	24/24	7,5/7,5	24/25	7,5/7,2
5	15/15	12/12	15/16	12/11,25
Задний ход	-/69(4,7)	-/2,69	-/71(7)	-/2,53

*Примечание.* В знаменателе строки "Задний ход" в скобках фиксируется количество управляющих воздействий на рычаги бортовых фрикционов для обеспечения прямолинейного направления движения задним ходом на мерном участке. Время прохождения мерного участка задним ходом зависит в значительной степени от навыков тракториста и точности выбора направления движения. Данные могут быть приняты как оценочные.