

## **О потенциале гусеничных движителей лесных машин**

**И. Р. Шегельман, В. И. Скрышник**

В последние годы в России и за рубежом идет активный поиск путей совершенствования известной и создания принципиальной новой лесной техники для заготовки деловой и энергетической древесины, ее первичной обработки на лесосеке, для лесохозяйственных работ, строительства лесовозных дорог и др. [1], [2], [3], [4]. Важнейшими задачами при этом наряду с повышением экономической эффективности является экологическое совмещение техники с лесной средой, при котором важнейшими факторами являются выбор параметров движителя лесных машин. Несмотря на то, что в настоящее время за рубежом основной объем лесосечных работ, строительство инфраструктурных объектов, первичный транспорт леса производится машинами с колесным движителем, мнение отечественных специалистов по этому вопросу неоднозначно [5], [6], что обусловило необходимость сопоставления колесных и гусеничных движителей с учетом типов лесных грунтов.

Лесные машины и их технологическое оборудование обычно делят на четыре класса в зависимости от мощности двигателя, массы машины, характеристик предмета труда (объем хлыста, наибольший диаметр дерева в месте обработки). При этом рекомендуют мощность двигателей лесных машин (харвестеров и форвардеров) для несплошных рубок – в диапазоне 80-110 кВт; для сплошных рубок в среднемерных и крупномерных насаждениях – в диапазоне 140-180 кВт. Соответственно масса лесных машин для несплошных рубок составляет 7-14 т, для сплошных – 17-19 т. На подобных базовых шасси машин монтируют технологическое оборудование широкого назначения, например, при установке на манипулятор машины взамен харвестерной головки ковша, машина выполняет функции экскаватора [7].

В Европе и Северной Америке компании «Ponsse», «John Deere», «Valmet» и др. на базе колесных шасси производят харвестеры, форвардеры, валочно-пакетирующие и валочно-трелевочные машины, трелевочные тракторы с

манипулятором и пачковым захватом. Фирмы «Ponsse» и «Dateh Dragk» производят транспортировщики древесных отходов, «John Deere» и «Valmet» – пакетоформирующие машины JD – 1490B и Valmet Wood Pac. Для переработки древесных отходов на топливную щепу на лесосеке и погрузочной площадке применяют передвижные рубительные машины, например, BRUKS805ST. Производство подобных машин освоено и в Республике Беларусь, в частности – Амкадор – 2902, МР-40 и МР-25 [8].

Исследования и практика лесозаготовок показывают, что весь лесной фонд освоить машинами с колесными двигателями сложно, так как лесозаготовительные, транспортные и строительные машины с колесными двигателями не обладают достаточной проходимостью на грунтах с низкой несущей способностью и на участках лесосек в пересеченной местности с уклонами более  $16^{\circ}$ . Проходимость лесосечных машин на грунтах с низкой несущей способностью оценивается по критерию отношения удельной нагрузки от двигателя на грунт –  $q$  к предельной несущей способности грунта –  $p$ . При  $q/p < 1$  проходимость обеспечивается при многократных проходах транспортных средств; при  $1 < q/p < 1,5$  проходимость обеспечивается при малом числе проходов по одному следу; при  $1,5 < q/p < 2$  проходимость становится затруднительной при 2 – 3 проходах по одному следу; при  $q/p > 2$  проходимость не обеспечивается. При превышении указанного критерия машины теряют свою проходимость и садятся днищем на грунт [10].

По проходимости лесных машин грунты делят на 4 категории [11], [12]:

I (сухие почвы) – обеспечивает возможность работы лесозаготовительных машин в течении всего года. Несущая способность грунтов в самых неблагоприятных условиях не опускается ниже  $2 \text{ кг/см}^2$  и, как правило, составляет  $3\text{-}4 \text{ кг/см}^2$ ;

II категория – допускает многократный проход машин по одному следу, в периоды весенней и осенней распутицы их несущая способность заметно падает, но летние осадки на проходимость машин влияют мало. Верхний предел несущей способности грунтов –  $2 \text{ кг/см}^2$ , нижний –  $1,4 \text{ кг/см}^2$ ;

III категория, где влажность почвы значительна в течение всего теплого периода, тракторы быстро разрушают растительный слой и образуют глубокие колеи на волоках, в периоды распутицы волоки превращаются в пливуны, дожди сильно загрязняют волоки, погрузочные площади, трельюемую древесину. Верхний предел несущей способности грунтов –  $1,4 \text{ кг/см}^2$ , нижний –  $0,5-0,6 \text{ кг/см}^2$ ;

IV категория, где почвы (торфяно- болотистые, перегнойно-глеевые) избыточно увлажнены, снижают проходимость машин, в периоды распутицы лесосеки становятся совершенно непроезжими, волоки заполнены жидкой грязью даже в сухую погоду (характерна для насаждений на застойно-сырых и заболоченных местах, по понижениям вдоль рек и ручьев, по проточно-сырым логам).

Несущая способность недренирующих грунтов (глинистых и глинисто пылеватых в период избыточного увлажнения резко снижается, приводят к интенсивному колееобразованию, увеличению коэффициента сопротивления движению и снижению коэффициента сцепления.

Кроме участков названных четырех категорий, лесозаготовительные площади включают заболоченные участки трех типов: I – болота, до дна заполненные торфом устойчивой консистенции; II – болота, до дна заполненные торфом неустойчивой консистенции; III – болота с плавающим на воде слоем торфа или без торфа. Указанная классификация применима и для лесосечных работ: по болотам I типа возможны многократные проходы тракторов, по болотам II типа - единичные проходы, а болота III типа непроходимы или опасны для прохода тракторов и рабочих.

Анализ показывает, что удельное давление на грунт гусеничных трелевочных тракторов находится в диапазоне  $0,3 - 0,6 \text{ кгс/см}^2$ , а колесных  $1,7 - 2,1 \text{ кгс/см}^2$  [13], [14].

Для снижения удельного давления на грунт и повышения проходимости машин с колесным движителем они оборудуются гусеничными лентами, которые в машинах с колесной формулой бхб охватывают колеса задней тележки, на

передних колесах устанавливаются цепи. Колесные машины с колесной формулой 8x8 оборудуются гусеничными лентами на передних и задних тележках. Это приводит к повышению проходимости как за счет значительного повышения коэффициента сцепления, так и снижения интенсивности колееобразования, из-за существенного уменьшения удельного давления на грунт.

Однако расчеты и экспериментальные исследования показали, что при установке гусеничных лент удельное давление снижается примерно в 1,5-2,0 раза, с 1,7-2,1 кг/см<sup>2</sup> до 1,1-0,9 кг/см<sup>2</sup>, что значительно выше, чем у гусеничных тракторов и машин. Проведенными ранее исследованиями доказано, что специализированные колесные трелевочные тракторы и машины на их базе в летнее время могут успешно эксплуатироваться на участках I и II типа местности (43 % лесозаготовительных площадей), на которых сосредоточено 51,5 % от полного суммарного эксплуатационного запаса леса [15].

На участках II категории гусеничные тракторы и машины на их базе практически беспрепятственно могут выполнять многократное число проходов по одному следу; колесные, необорудованные гусеничными лентами – несколько проходов по одной колее, а оборудованные гусеничными лентами – значительное количество проходов. На участках III категории летом при сухой поверхности почвы гусеничные тракторы, особенно с ходовой системой повышенной проходимости, могут многократно проходить по одному следу, а в период избыточного увлажнения при нескольких проходах по одному следу полностью разрушают волок. Колесные тракторы при работе на участках III категории обязательно должны оборудоваться гусеничными лентами. Они могут выполнять лишь единичные проходы по одному следу. При нескольких проходах по одному следу в лучшем случае образуется колея, превышающая предельный просвет между поверхностью земли и днищем машины, что препятствует ее работе. Если это происходит, то для продолжения работы требуется устраивать сплошной настил на значительном протяжении волоков, что приводит к снижению производительности, нецелевому использованию древесины и увеличению затрат на освоение лесосек.

Исследованиями [16] доказано, что производительность форвардеров при работе в III типе местности летом и осенью в 2,1-2,3 раза ниже, чем в I типе местности в зависимости от расстояния трелевки. Производительность харвестеров снижается примерно в 1,2 раза, т. к. удельное давление на грунт, создаваемое этими машинами в 1,7-2,0 раза меньше, чем форвардеров с грузом, в любом случае требуется лишь один проход харвестера по одному следу (при расстоянии трелевки 220 м скорость движения форвардера в I категории местности составила в порожнем и грузом направлении соответственно 71,2 и 57,6 м/мин, а при III категории – 32,17 и 25,4 м/мин, для III категории время на устранение застреваний составляло в среднем 25 мин на рейс [16].

В безморозный период времени гусеничные тракторы повышенной проходимости могут работать и на участках 4 типа местности, осуществляя при этом ограниченное число проходов по одному следу. Эксплуатация при этих условиях машин с колесным двигателем – недопустима. По этой причине полное освоение лесфонда с использованием машин на колесной базе невозможно.

Таким образом потенциал гусеничных двигателей лесных машин далеко не исчерпан. За рубежом ведутся работы по созданию машин не только с колесным, но и с гусеничным двигателем (валочно-пакетирующие машины, наиболее известные JD -850, харвестеры Log bier F-400, Pro Silva 810 и 910, скиддеры и трактора с манипулятором и тросочкерным оборудованием). Ходовая система большинства зарубежных гусеничных лесных машин копирует ходовую систему экскаватора или имеет треугольную форму. В первом случае небольшие катки крепятся на балки, а во втором – катки также крепятся на балки а вся гусеничная система вращается вокруг центра расположенного в верхней части треугольника. В результате такой компоновки затруднено преодоление пороговых препятствий, кроме того при переезде через препятствия передняя часть гусеницы оказывается на препятствии (дерево, хлыст, пень и др.) задняя часть опирается на грунт, а остальная ее часть не воспринимает нагрузку и не взаимодействует с грунтом. Это приводит к резкому повышению давления на грунт и значительным ударным нагрузкам при сходе гусеницы с препятствия.

В виду того что в годы перестройки и в последующий период до настоящего времени строительству лесовозных дорог не уделялось достаточного внимания, процент площадей лесосек на грунтах 3 и 4 категорий, где в безморозный период времени невозможна эксплуатация машин с колесным движителем, резко увеличился и в зимний период все они не могут быть освоены машинами с колесным движителем, желательно на базе специально разработанного гусеничного шасси нового поколения. В СССР и России основной объем лесозаготовительных работ многие годы велся лесными машинами с достаточно отработанными для условий работы в лесу гусеничными движителями, которые при доработке, по нашему мнению, могут стать аналогами для создания базового шасси лесной машины нового поколения. Предварительные расчеты и практика лесозаготовок показали, что для успешной и производительной таких машин мощность их двигателей должна быть 140-180 кВт (190-245 л.с.), грузоподъемность 14-19 м<sup>3</sup>. Удельное давление на грунт должно составлять 0,3-0,4 кгс/см<sup>2</sup>, а скорость движения варьироваться от 0 до 16 км/ч..

Компоновка базовой машины, должна быть такой, чтобы на смонтированной на ее базе платформе харвардеров и форвардеров можно было разместить манипулятор и пачку сортиментов, а на платформе валочно-трелевочно-пакетирующей машины [17] манипулятор и зажимной коник на расстоянии от манипулятора достаточном для его поворота. Кабина машины должна при ее работе обеспечить хорошую обзорность с обеих сторон по ходу движения машины(у машин производства ОТЗ хорошая видимость при наборе пачки деревьев обеспечена лишь с левой стороны по ходу движения). Габаритные размеры должны обеспечивать возможность установки и работы технологического оборудования всех машин разрабатываемых на базе сконструированного шасси.

#### **Список литературы:**

1. Hakkila P. Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999 – 2003. Technology Programme Report 6/2004. Helsinki, 2004. – 99 с.
2. Ponsse – A logger's best friend [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ponsse.com/>. Загл. с экрана. – Яз. фин.
3. Шегельман И. Р. Исследование направлений модернизации техники и технологии лесозаготовок [Текст] // И. Р. Шегельман // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n2y2012/866/>. Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Демчук А. В. Выбор мест и способов оцилиндровки бревен в рамках сквозных технологий лесопромышленных производств [Текст] // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1641> . Загл. с экрана. – Яз. русский.
5. Григорьев И. В. Снижение отрицательного воздействия на почву колесных трелевочных тракторов обоснованием режимов их движения и технологического оборудования: дисс. ... докт. техн. наук. – СПб.: СПбГЛТА, 2006. – 362 с.
6. Анисимов Г. М. Основы минимизации уплотнения почвы трелевочными системами [Текст] / Г. М. Анисимов, Б. М. Большаков. – СПб.: ЛТА, 1998. – 108 с.
7. Шегельман И. Р. Инновационные технологии лесосечных работ [Текст] / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, О. Н. Галактионов. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2012. – 116 с.
8. Федоренчик А. С. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов [Текст] / А. С. Федоренчик, А. В. Ледницкий. – Минск : БГТУ, 2010. – 446 с.
9. Шегельман И. Р. Машины и технология заготовки сортиментов на лесосеке [Текст] / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, О. Н. Галактионов. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2011. – 108 с.

10. Бабков В. Ф. Проходимость колесных машин по грунту [Текст] / В. Ф. Бабков, А. К. Бируля, В. М. Сиденко. – М. : Автотрансиздат, 1959. – 208 с.
11. Виногоров Г. К. Некоторые лесозаготовительные характеристики почвенно-грунтовых условий и рельефа [Текст] / Г. К. Виногоров // Вопросы технологии и механизации лесосечных работ : сборник научных трудов ЦНИИМЭ. – Химки : ЦНИИМЭ, 1982. – С. 5–7.
12. Типизация природно-производственных условий лесозаготовительных районов [Текст]. – Химки : ЦНИИМЭ, 1986. – 23 с.
13. Шеховцев Д. И. Анализ основных параметров колесных трелевочных тракторов по сравнительным испытаниям [Текст] / Д. И. Шеховцев // Проблемы исследования базовых лесопромышленных тракторов. Труды ЦНИИМЭ. – Химки : ЦНИИМЭ, 1977. – С. 63–75.
14. Шеховцев Д. И. Оценка проходимости трелевочных тракторов [Текст] / Д. И. Шеховцев // Исследования лесопромышленных тракторов. Труды ЦНИИМЭ. – Химки : ЦНИИМЭ, 1982. – С. 14–15.
15. Шегельман И. Р. Анализ эффективности сортиментной заготовки леса [Текст] / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, Р. А. Петухов // Ученые записки ПетрГУ. Серия «Естественные и технические науки». – 2008. – № 3(94). – С. 94–103.
16. Шегельман И. Р. Машины и технология заготовки сортиментов на лесосеке [Текст] / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, О. Н. Галактионов. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2011. – 108 с.
17. Шегельман И. Р. Новые технические решения для заготовки деловой древесины и топливной щепы [Текст] / И. Р. Шегельман, П. В. Будник // Перспективы науки. – 2012. – № 6(33). – С. 107-109.