

М. К. Асмоловский, доцент; В. Н. Лой, ст. преподаватель; С. П. Мохов, доцент;  
В. А. Коробкин, гл. конструктор ОКБ РУП МТЗ

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ФОРВАРДЕРА ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Results of a substantiation of the basic operational properties of the wood machine and feature of his application in conditions of remote wood fund are given.

Республика Беларусь является страной, располагающей значительными лесосырьевыми ресурсами, которые имеют важное экономическое значение. Так, например, по запасам древесины на душу населения Республика Беларусь превосходит средневропейский уровень в три раза, а экспорт продукции лесного комплекса является стабильным источником валютных поступлений в республику.

В последнее время наблюдается тенденция увеличения общих запасов древесины на корню, включая запасы спелой древесины, прирост которых на 1 января 2001 г. составил соответственно 22 и 83% в сравнении с 1 января 1994 г. Следует также отметить, что произошло увеличение расчетной лесосеки по рубкам главного пользования с 5,4 млн. м<sup>3</sup> 1994 г. до 6,8 млн. м<sup>3</sup> в 2002 г.

Основными причинами неполного освоения лесосечного фонда Республики Беларусь является недостаток высокотехнологичных производств переработки древесины мягких лиственных пород, высокий износ основных фондов, а также наличие древесных ресурсов, находящихся в труднодоступных местах. В основном это заболоченные участки лесосырьевой базы, освоение которых возможно только в зимний период при устойчивых отрицательных температурах воздуха, и участки леса, расположенные среди болот.

В связи с этим освоение труднодоступного лесосечного фонда возможно при наличии соответствующей лесозаготовительной техники и внедрении новых технологий заготовки древесины. Для освоения труднодоступного лесосечного фонда могут быть использованы системы машин и механизмов на базе гусеничных трелевочных тракторов, на базе погрузочно-транспортных машин с колесной формулой 6К6 и 8К8, а также на базе мобильных канатных трелевочных установок. По данным технологиям вывозка древесины может производиться как в хлыстах, так и в сортиментах. Необходимо также предусмотреть использование порубочных остатков для укрепления трелевочных волоков.

Таким образом, существует необходимость создания специальных высокопроходимых колесных лесозаготовительных машин и разработки технологии работы таких машин для освоения труднодоступного лесосечного фонда

Республики Беларусь. Исходя из потенциала Минского тракторного завода, имеющихся наработок в области создания колесных лесозаготовительных машин и перспективных технологических процессов, наиболее подходящими для этих целей являются погрузочно-транспортные машины «Беларус». Так, например, уже созданы и серийно выпускаются погрузочно-транспортные машины МЛПТ-354 с колесной формулой 4К4, МЛ-131 с колесной формулой 6К6 и прицепная погрузочно-транспортная машина МПТ-461.

Для работы лесозаготовительных машин в условиях труднодоступных лесосек важнейшее значение приобретают показатели проходимости, причем при слабой несущей способности проходимость приобретает первостепенное значение. Повышение проходимости колесных лесозаготовительных машин может быть достигнуто рядом конструктивных мероприятий, таких, как применение специальных шин и сдвоенных шин, использование эластичных гусеничных лент, цепей противоскольжения, применение изменяемой грузовой платформы, а также изменение колесной формулы (8К8).

С учетом вышесказанного на Минском тракторном заводе совместно с БГТУ ведутся работы по созданию погрузочно-транспортной машины повышенной проходимости МЛ-131-05. На первом этапе разработки рассматриваемой машины, по аналогии положительного опыта развития мирового лесного машиностроения, за компоновочную схему было выбрано шасси погрузочно-транспортной машины МЛ-131 с колесной формулой 6К6 [1]. В перспективе возможно на базе созданной и отработанной конструкции создание шасси 8К8 и лесных машин в рамках модульно-блочной концепции агрегатирования их узлов и агрегатов, технологического оборудования. Технологическое оборудование машины МЛ-131-05 включает гидроманипулятор с грейфером и грузовую платформу. Грузовая платформа состоит из настила рамы, по бокам которой располагаются гнутые съемные стойки трубчатого профиля. В передней части грузовой платформы, перед манипулятором, установлено защитное ограждение в виде решетки. Для увеличения вылета гидроманипулятора рукоять снабжена удлинителем.

При создании колесных лесозаготовительных машин повышенной проходимости основной первичной информацией является масса машины, величина которой тесно связана с ее геометрическими параметрами и мощностью двигателя. Проведенный статистический анализ показал, что нижний предел массы трехосной лесозаготовительной машины составляет 7,0...8,0 т, четырехосной – 14,0...14,5 т. Мощность двигателя трехосного шарнирно сочлененного шасси должна находиться в пределах 77...88 кВт при эксплуатационной массе до 11 т. Для обеспечения возможности движения проектируемой машины по дорогам общего пользования и обеспечения высоких показателей поперечной устойчивости, как показал анализ проведенных теоретических исследований, ширина колеи должна составлять 2,95...3,15 м. Продольная база рассматриваемой машины должна составлять 4,22...4,95 м, расстояние между осями тандемной тележки – 1,35...1,60 м.

Основное влияние на технико-эксплуатационные свойства лесозаготовительной техники оказывает распределение веса машины по осям, поэтому одним из этапов создания является обоснование основных компоновочных параметров с учетом специфических особенностей выполняемых операций и технологического оборудования. Первичная оценка компоновки колесных машин может быть произведена с использованием коэффициента неравномерности распределения нагрузок  $k$  на задние и передние оси:

$$k = \frac{z_{\max}}{z_{\min}},$$

где  $z_{\max}$  и  $z_{\min}$  соответственно максимальное и минимальное значения опорных реакций.

Определение основных компоновочных параметров производилось как для груженой, так и для порожней машины в статическом положении и в случае ее движения. Анализ результатов проведенных исследований показал, что для повышения проходимости при проектировании следует стремиться к тому, чтобы обеспечивалось равномерное давление на опорную поверхность под колесами машины, то есть необходимо добиваться равномерного распределения нагрузки по осям. Однако с учетом спе-

цифических особенностей лесных машин по размещению на них груза и рабочего оборудования указанное условие можно обеспечить только лишь в случае значительного уменьшения рейсовой нагрузки. Поэтому для обеспечения максимально возможной рейсовой нагрузки можно допустить, что коэффициент неравномерности распределения собственного веса лесной машины по опорам корпуса должен быть  $k \geq 2$  (табл. 1), что позволяет обеспечить минимальные значения  $k$  для случаев движения с грузом.

Рациональные компоновочные параметры создаваемой машины обеспечиваются при величине продольной базы 4,66 м, так как в этом случае высокий коэффициент неравномерности распределения веса порожней машины  $k$  со значительной загрузкой передней оси дает возможность получить более равномерную загрузку осей в процессе движения машины с грузом. При этом предельные статические углы подъема и спуска по условию опрокидывания погрузочно-транспортной машины с номинальной нагрузкой находятся в пределах 12,49°...15,66°. Ограничение устойчивости машины при движении по лесосеке обуславливается низкими значениями коэффициента сцепления  $\phi$  колес с опорной поверхностью, особенно на грунтах с естественной влажностью 25% и более. Так, при коэффициенте сцепления, равном 0,4, предельные статические углы по условию сползания находятся в пределах 12,49°...18,01°. Предельный статический угол поперечной устойчивости груженой машины по условию опрокидывания без учета жесткости шин составляет 47,10°, а с учетом жесткости шин – 46,41°.

В процессе исследования тягово-сцепных свойств установлено, что характер взаимодействия опорной поверхности колесами балансирующей тележки существенно отличается от взаимодействия с ней колес передней оси. Анализ спектральных плотностей динамических реакций переднего моста и тандемной тележки при движении по пасечному волоку показал, что нагруженность переднего моста машины значительно выше. При сравнении спектров динамических реакций на колесах тандемной тележки установлено, что с увеличением скорости движения экстремумы спектров смещаются в область больших частот 25...30 Гц.

Таблица 1

**Значения коэффициента неравномерности распределения веса машины по опорам корпуса**

Продольная база, L, м	Порожняя машина			Движение машины с грузом		
	3,66	4,66	5,66	3,66	4,66	5,66
$k$	1,60	2,34	3,00	2,36	1,20	1,46

Изменение кривых спектральных плотностей реакций для передних и задних колес тандемной тележки показывает, что при максимальной нагрузке и скорости движения 3,6 км/ч задние колеса догружаются в среднем на 30...35%, при скорости 10,8 км/ч – на 35...40%. При этом возникающие реактивные моменты могут привести к снижению тягово-сцепных свойств лесной машины, увеличению циркулирующей в трансмиссии паразитной мощности и повышению износа шин. Следовательно, достижение равномерного или близкого к нему распределения сил тяги по колесам тележки обеспечит снижение вероятности нарушения ограничений по сцеплению колес, приводящих к разрушению структуры лесного почвогрунта и его уплотнению.

Анализ кривых распределения динамических реакций показывает, что для балансирной тележки с симметричным дифференциалом, планетарным редуктором и зубчатой бортовой передачей происходит перераспределение динамических реакций по колесам. При скорости движения 3,6 км/ч вероятно возникновение нагрузок до 40 кН на оба колеса тележки, при скорости 10,8 км/ч – до 60 кН, при этом перегрузка шин исключается.

Проведенная сравнительная оценка удельного давления движителя на опорную поверхность показала, что при наличии металлической гусеницы на колесах тандемной тележки средние значения удельного давления снижаются в 1,2...2,1 раза и составляют 102...110 кПа при транспортировке сортиментов длиной 6 м (табл. 2).

Таким образом проведенные исследования позволили установить основные параметры лесной машины повышенной проходимости «Беларус» МЛ-131-05 и ее технологического оборудования.

В состав машины входят (см. рисунок) передняя и задняя полурамы, шарниры сочленения полурам, кабина с защитным ограждением, двигатель, трансмиссия с муфтой сцепления,

коробкой передач, промежуточный редуктор, передний ведущий мост с главной передачей и дифференциалом, задний ведущий мост portalного типа, приводы управления, тормозная система, электрооборудование, гидросистема и гидроманипулятор. Для повышения проходимости машины на задние колеса, установленные на тандемных тележках, надеты металлические гусеницы, а дифференциал заднего моста имеет механизм блокировки, отключаемый при складывании полурам.

Освоение труднодоступных лесосек помимо специальной высокопроходимой техники требует использования специальных технологий. Использование машины МЛ-131-05 при заготовке древесины предусматривает ряд особенностей: ориентирование всего комплекса лесосечных работ на применение технологического процесса с заготовкой сортиментов на лесосеке; перемещение заготовленной древесины только в погруженном состоянии, что способствует оптимальному сопротивлению движению и отсутствию загрязнения древесины твердыми включениями почвогрунта; геометрические параметры машины обуславливают определенные требования к параметрам технологических элементов лесосек; достаточно большой дорожный просвет (600 мм) позволяет работать машине без снижения ее эксплуатационных показателей при наличии на лесосеке пороговых препятствий (поваленные деревья, камни и т. п.).

Параметры технологического оборудования также налагают некоторые ограничения на технологию работ, например, при минимальном и максимальном вылете гидроманипулятора существуют ограничительные зоны обслуживания, грузоподъемность манипулятора в значительной степени зависит от вылета, устойчивость машины при выполнении операций технологического цикла – от параметров грузовой платформы и транспортируемой пачки сортиментов и т. д.

Таблица 2

Значения удельного давления колес на лесной почвогрунт

Параметры*	Давления		
	колес переднего моста	колес тандемной тележки	колес тандемной тележки с металлическими гусеницами
$M_{гр} = 0; X_L = 2049,5 \text{ мм}$	141,6...147,2	103,1...126,9	49,0...51,2
$M_{гр} = 10 \text{ т}; L = 4 \text{ м}; X_L = 2926 \text{ мм}$	144,9...150,7	119,1...146,5	93,2...101,0
$M_{гр} = 10 \text{ т}; L = 6 \text{ м}; X_L = 3324 \text{ мм}$	136,5...142,0	121,6...149,7	102,3...110,4

\*  $M_{гр}$  – масса транспортируемой пачки сортиментов;  $L$  – длина сортиментов;  $X_L$  – расстояние от передней оси машины до центра ее тяжести.

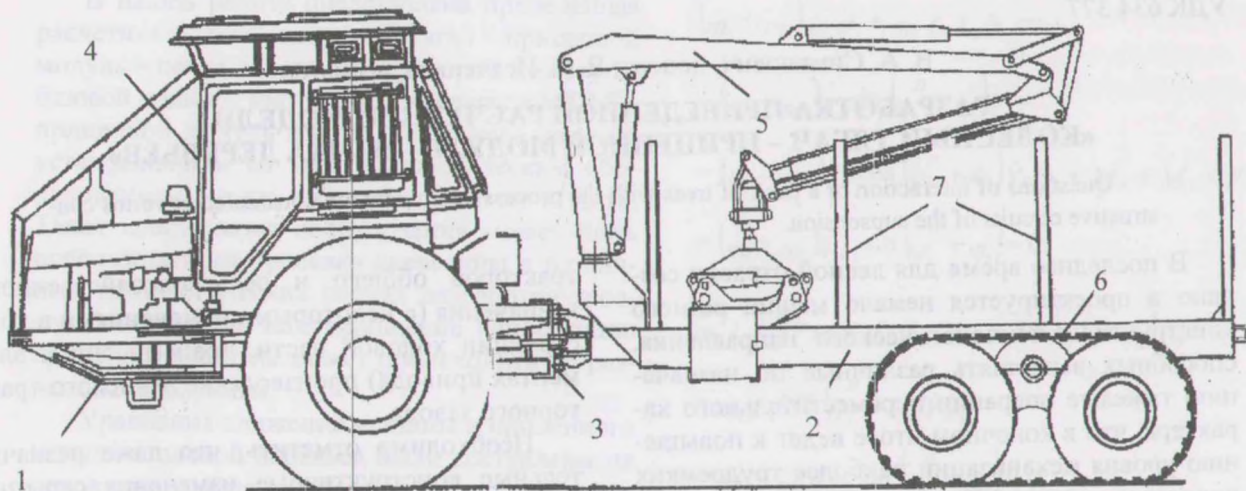


Рис. Общий вид погрузочно-транспортной машины повышенной проходимости МЛ-131-05:  
 1 – передняя полурама; 2 – задняя полурама; 3 – вертикально-горизонтальный шарнир; 4 – кабина с защитным ограждением; 5 – гидроманипулятор; 6 – металлическая гусеница; 7 – стойки

Как уже отмечалось, использование рассматриваемой машины возможно в технологических процессах заготовки сортиментов на сплошных и несплошных рубках. В этих случаях заготовка сортиментов возможна с использованием на валке, обрезке сучьев и раскряжевке бензинового инструмента, сучкорезно-раскряжевочных машин и валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин с последующей трелевкой полученных сортиментов форвардером МЛ-131-05 по пасечным и магистральным волокнам на погрузочную площадку или непосредственно потребителю, если расстояние трелевки не превышает 10 км.

В случае, если заготовленные сортименты находятся вне зоны досягаемости машины

М-131-05 (значительно заболоченные участки лесосеки, на которых наблюдается неудовлетворительная проходимость колесной лесозаготовительной техники), возможна подтрелевка сортиментов при помощи гусеничных трелевочных тракторов либо лебедок к участкам лесосеки, несущая способность которых позволяет эффективно использовать на трелевке колесную технику.

#### Литература

Жуков А. В., Клоков Д. В., Лой В. Н. Погрузочно-транспортная машина МЛ-131 // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2000. – Вып. VIII. – С. 82–88.