

М. К. Асмоловский, доцент; В. Н. Лой, ст. преподаватель; С. П. Мохов, доцент;
С. Н. Пицов, аспирант

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОВЕРКИ ФОРВАРДЕРА ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Results of trial check wood machine are given raised passableness "Belarus" in industrial conditions of skilled timber enterprise. On the received data of tests recommendations for completion of a machine design and increase of efficiency of its work on the wood grounds with low bearing ability are given.

Эксплуатационно-технологические испытания опытного образца лесной колесной погрузочно-транспортной машины повышенной проходимости МЛ-131-05 [1] проводились в осенне-зимний период 2005 г. в природно-производственных условиях Кобринского опытного лесхоза Зосимовского лесничества, расположенного в Кобринском районе Брестской области. Лесосырьевая база предприятия, в условиях которого проходили испытания, характеризуется равнинным рельефом, хвойными и смешанными лесами, почвогрунтами средней и высокой заболоченности (торфяники, подзолы и супеси), которые обозначаются С3, С4 и С5. Лесоводственно-таксационная характеристика лесосечного фонда, отведенного для проведения испытаний, дана в табл. 1.

Например, для одного из циклов испытаний природно-производственные условия лесосеки, отведенной для испытаний машины МЛ-131-05, характеризовались следующими показателями: средний объем хлыста – 0,471 м³, состав насаждения – 7ОлЧЗБ, средний запас древесины – 246 м³/га, средняя площадь лесосеки – 2,6 га, рельеф местности равнинный. Условия испытаний характеризовались средними температурами окружающего воздуха не ниже –2°С и высотой снежного покрова не более 5 см. Расстояние трелевки во время испытаний составляло 600 м, почвенно-грунтовые условия характеризовались

типичной заболоченностью на торфяно-болотной почве с уровнем грунтовых вод 20 см. Погрузочная площадка располагалась у лесовозной дороги.

Технология разработки лесосеки была принята в соответствии с разработанной технологической документацией, выполненной в рамках задания 4.01 «Разработать технологию освоения заболоченных лесосек с созданием лесной машины повышенной проходимости на базе лесного трактора МТЗ». Во время испытаний проводились сплошные рубки главного пользования без сохранения подроста.

Валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка на сортименты производилась бензиномоторной пилой Husqvarna. В отдельных случаях обрезка сучьев выполнялась топорами. Сбор и трелевка с подсортировкой деловых сортиментов длиной 6 м и дровяных сортиментов осуществлялись испытываемой машиной. На погрузочной площадке одновременно с выгрузкой сортиментов при помощи манипулятора производилась их сортировка (рис. 1). Дальнейшая вывозка сортиментов с лесосеки осуществлялась лесовозными автопоездами «Урал», оборудованными гидроманипулятором.

Технологический цикл работы погрузочно-транспортной машиной МЛ-131-05 состоял из следующих операций: холостой ход, набор пачки сортиментов, грузовой ход, разгрузка на погрузочной площадке, маневровые работы.

Таблица 1
Характеристики лесосек, отведенных для эксплуатационно-технологических испытаний

Параметры	Значения				
	23	31	5	26	43
Квартал	23	31	5	26	43
Выдел	14	4	3	3	26
Площадь, га	0,7	1	1,1	0,9	0,9
Состав насаждений	8БОсОл	10Ол	10Ол+Б+Е	10Ос+Б	10Ол+Б+Д
Почвенно-грунтовые условия	С3	С4	С4	А3	С4
Объем хлыста, м ³	0,43	0,49	0,49	0,49	0,49
Полнота	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
Средний диаметр, м	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Средняя высота, м	22	22	22	22	22
Количество деревьев на 1 га	415	487	715	624	631



Рис. 1. Процесс разгрузки с одновременной сортировкой сортиментов

Формирование объема пачки сортиментов производилось гидроманипулятором машины при ее движении по пасечному трелевочному волоку. Трелевка сформированных пачек сортиментов осуществлялась по магистральному трелевочному волоку.

В результате выполнения хронометража рабочих смен машины получены данные, обработка которых позволила установить основные тех-

нико-эксплуатационные показатели ее работы. На рис. 2 приведена диаграмма затрат средних показателей времени одного рабочего цикла работы погрузочно-транспортной машины повышенной проходимости МЛ-131-05.

Средние затраты времени отнесенных к 1 м³ стрелеванной древесины по операциям рейса погрузочно-транспортной машины МЛ-131-05 приведены в табл. 2.



Рис. 2. Диаграмма затрат средних показателей времени одного рабочего цикла погрузочно-транспортной машины

Средние затраты времени, отнесенные к 1 м³ стрелеванной древесины по операциям рейса погрузочно-транспортной машины МЛ-131-05

Наименование операции рейса	Значение, с/м ³
Формирование пачки	312,71
Рабочий ход	74,46
Холостой ход	43,26
Разгрузка пачки	93,15
Маневрирование	14,13
<i>Итого</i>	537,71

Анализ полученных данных хронометражных наблюдений показал, что при работе погрузочно-транспортной машины МЛ-131-05 на лесосеке с почвенно-грунтовыми условиями С5 наибольшая часть времени цикла (58%) расходуется на формирование пачки сортиментов. Затраты времени на маневрирование и разгрузку пачки с одновременной ее подсортировкой составляют соответственно 3% и 17%. Время рабочего и холостого хода составляет 14% и 8% от общего времени цикла. Полученные результаты хорошо согласуются с аналогичными данными для существующих лесозаготовительных машин как отечественного, так и зарубежного производства при их работе в аналогичных условиях.

Анализ распределения затрат времени на выполнение рабочего цикла машины МЛ-131-05 показывает, что около 30% его приходится на операции, связанные с перемещением машины. Сокращение этих затрат напрямую связано с увеличением скоростей движения машины, повышением тягового усилия, улучшением показателей маневренности. Примерно такие же затраты времени расходуются на операции, связанные с работой технологического оборудования. Таким образом, около 2/3 продолжительности рабочего цикла не связаны с перемещением машины.

Для оценки эксплуатационной эффективности машины МЛ-131-05 был выполнен многофакторный эксперимент, в процессе которого решалась задача по определению зависимости сменной производительности от некоторых технико-эксплуатационных факторов.

В процессе проведения исследований были реализованы все возможные комбинации всех уровней для всех значимых технико-эксплуатационных факторов. Каждый фактор варьировался двумя его значениями, соответствующими границам интервала, который определял выбранную для изучения подобласть, имеющую симметричный вид относительно нулевого уровня.

С применением методики полного факторного эксперимента получена следующая интерполяционная формула сменной производительности машины МЛ-131-05:

$$\begin{aligned}
 P_{cm} = & 60,7 - 0,25 \cdot L_{mp} + 32,4 \cdot Q_n + \\
 & + 10,5 \cdot V_{px} + 17,5V_{xx} - 0,11 \cdot t_{сб.п} - 0,45 \cdot t_{разгр} + \\
 & + 8,7 \cdot 10^{-5} \cdot t_{сб.п}^2 + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot L_{mp} \cdot t_{сб.п} + 0,03 \cdot Q_n \cdot t_{сб.п}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где L_{mp} – расстояние трелевки, м; Q_n – объем транспортируемой пачки сортиментов, м³; V_{px} и V_{xx} – скорости рабочего и холостого хода машины, м/мин; $t_{сб.п}$ – время, включающее сбор пачки сортиментов и маневрирование машины по лесосеке при формировании пачки, мин; $t_{разгр}$ – время разгрузки пачки сортиментов на погрузочном пункте, мин.

Адекватность полученного уравнения регрессии проверялась с использованием критерия Фишера:

$$F = \frac{\sigma_{ag}^2}{\sigma_y^2},$$

где σ_{ag}^2 – дисперсия адекватности; σ_y^2 – дисперсия.

Для полученного уравнения регрессии расчетное значение критерия Фишера удовлетворяло условию адекватности, так как оно составило 1,58, что не превышало нормируемый табличный показатель.

По материалам хронометражных наблюдений с использованием зависимости (1) определена сменная производительность машины МЛ-131-05. Анализ полученных результатов моделирования многофакторного эксперимента показал, что сменная производительность испытываемой машины в значительной степени зависит от рейсовой нагрузки, времени формирования пачки, а также от расстояния трелевки. Так, при уменьшении расстояния трелевки от 600 до 300 м сменная производительность возрастает в 1,3 раза. При изменении объема трелеваемой пачки с 6 м³ до 11 м³ происходит увеличение сменной производительности в 1,83 раза. Максимальная производительность машины в условиях лесосек, отведенных для производственных испытаний, составила 44,5...80,0 м³/смену.

Проведенные производственные испытания машины МЛ-131-05 свидетельствуют, что ус-

тановка гусениц на колеса тандемной тележки позволяет существенно повысить показатели проходимости машины на заболоченных лесных почвогрунтах (С4 и С5). Опорная проходимость оценена коэффициентом запаса проходимости, который характеризует условия движения машины по тяговым возможностям:

$$П = 1 - \frac{\psi}{\delta \cdot \varphi},$$

где $\delta_{\text{си}}$ – коэффициент сцепного веса; φ – коэффициент сцепления; ψ – коэффициент сопротивления дороги.

Результаты проведения эксперимента показали, что установка гусениц на колеса тандемной тележки обеспечивает увеличение коэффициента запаса проходимости в условиях лесосеки, отведенной для испытаний, до величины 0,94 на лесовозной дороге, до 0,88 на магистральном трелевочном волоке и до 0,5 на разбитом пасечном волоке, что соответствует удовлетворительной проходимости.

Проведенные испытания показали, что на отдельных сильно заболоченных участках лесосеки (С5), отведенной для испытаний, имели место случаи нарушения режима движения, т. е. оператор вынужден был для продолжения движения либо уменьшать рейсовую нагрузку, путем сбрасывания части сортиментов из грузовой платформы, либо перераспределять сортименты по бортам грузовой платформы.

В тех случаях, когда нагрузка на один из

бортов и соответственно давление под двигателем тандемной тележки превышала несущую способность опорной поверхности, приходилось выгружать пачку сортиментов и при помощи манипулятора производить набор сортиментов в захват и располагать их со стороны вывешенного борта (рис. 3). Таким образом нагрузка по бортам выравнивалась и появлялась возможность преодолеть труднопроходимый участок в несколько метров. Далее пачка сортиментов возвращалась в грузовую платформу и процесс трелевки возобновлялся.

Для повышения опорной проходимости машины МЛ-131-05 в таких случаях на труднопроходимых участках лесосеки и соответственно обеспечения величины рейсовой нагрузки 9...10 м³ необходимо обязательно укреплять пасечный волок порубочными остатками. При этом показатели профильной проходимости таких машин соответствуют требованиям нормативной документации лесозаготовительной техники. Установка гусениц на колеса тандемной тележки позволяет повысить опорную проходимость машины МЛ-131-05, однако имеет место и снижение тяговых возможностей машины и как следствие уменьшение скоростей движения. Из-за увеличения сопротивления на передвижение машины и перераспределение баланса мощности оператор вынужден переходить на более низкую передачу КП либо заблаговременно снижать объем перевозимой пачки сортиментов.

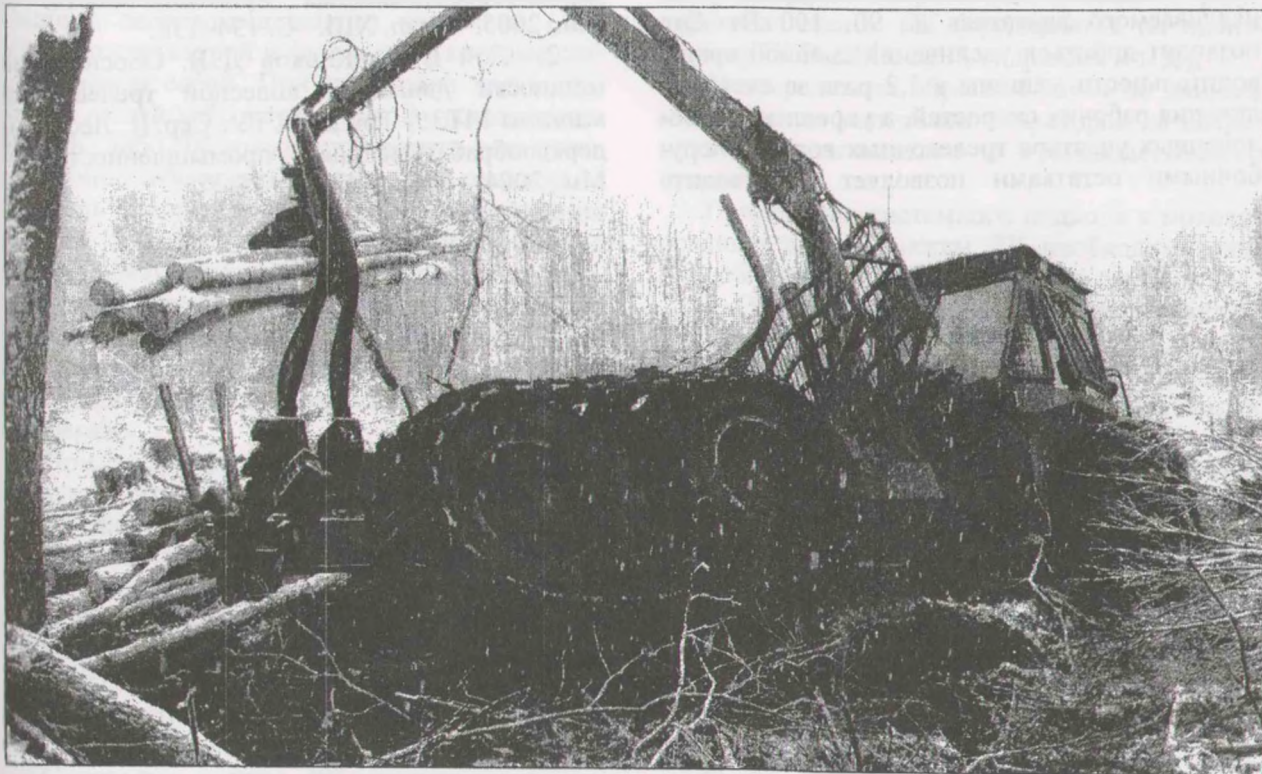


Рис. 3. Процесс потери опорной проходимости на заболоченном участке пасечного трелевочного волока

При испытаниях установлено, что в условиях лесосеки с низкой несущей способностью грунтов (С5) движение машины было возможно на передачах КП не выше 3-й. Поэтому для эффективной эксплуатации машин с установленными на нее гусеницами противоскольжения требуется уточнение мощности двигателя, так как проектом предусматривалась возможность установки двигателей с мощностью 60, 77 и 114 кВт.

В связи с этим уточнение мощности двигателя погрузочно-транспортной машины, которая должна обеспечить ее эффективную работу в условиях заболоченной лесосеки при установке гусениц противоскольжения на колесах тандемной тележки, производилось на основе данных испытаний расчетным путем. При этом учитывалось влияние изменения рейсовой нагрузки, рабочих скоростей движения, коэффициентов сопротивления перемещению машины, расстояния трелевки, объема хлыста, а также числа проходов машины по волокам на изменение мощности силовой установки [2]. Оптимальная мощность двигателя определялась математическими методами расчета минимума функции при принятых значениях аргументов в необходимых пределах.

Таким образом, анализ результатов производственных испытаний показал, что для эффективной эксплуатации погрузочно-транспортной машины в условиях заболоченных лесосек необходимо применение гусениц на колесах тандемной тележки без снижения рабочих скоростей, необходимо увеличение мощности устанавливаемого двигателя до 90...100 кВт. Это позволит добиться увеличения сменной производительности машины в 1,2 раза за счет увеличения рабочих скоростей, а укрепление заболоченных участков трелевочных волоков порубочными остатками позволяет производить

трелевку сортиментов максимального объема без снижения показателей опорной проходимости машины.

Испытания показали, что заложенные конструкторские параметры конструкции, их исполнение обеспечивают эксплуатацию машины на грунтах с низкой несущей способностью (С5) при проведении специальных мероприятий (укрепление волоков порубочными остатками, исключение остановок машины при грузовом ходе и выбор объема транспортируемой пачки в зависимости от условий движения). Среднее значение рейсовой нагрузки при испытаниях составило $9,2 \text{ м}^3$, а минимальное ее значение – 6 м^3 (труднопроходимый участок заболоченной лесосеки).

По результатам испытаний необходимо внести изменения конструктивного характера. Имелись случаи самопроизвольного выпадения стоек коника при большом крене одного из бортов машины (рис. 4). Целесообразно введение в конструкцию крепления коника стопорного механизма. При работе в условиях труднодоступных лесосек весьма важным является опыт и квалификация оператора, что предопределяет проведение дополнительной его подготовки.

Литература

1. Асмоловский М. К., Лой В. Н., Мохов С. П., Коробкин В. А. Особенности конструкции и применения форвардера повышенной проходимости // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2005. – Вып. XIII. – С. 134–138.
2. Лой В. Н., Клоков Д. В. Обоснование мощности двигателя колесной трелевочной машины МТЗ // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2004. – Вып. XII. – С. 76–80.