

Как показал анализ, при формировании пачки из трех хлыстов нагрузка распределяется наиболее рационально, когда два хлыста расположены в средней части, третий снизу зажат концами клыков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бате К., Вильсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов: Перевод с англ. – М.: Стройиздат, 1982.

УДК 630\*36.001

А.В. Жуков, Д.В. Клоков, С.П. Мохов  
(БГТУ, г. Минск)

### ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЦЕПНОГО ФОРВАРДЕРА "БЕЛАРУС"

Для более эффективной заготовки сортиментов на рубках ухода требуются, в зависимости от конкретных природно-производственных условий, различные варианты погрузочной и трелевочной техники, в том числе и вариант прицепного форвардера.

На основе проведенного анализа конструктивных особенностей выбрана наиболее рациональная конструктивная схема прицепного сортиментовоза, включающая лесохозяйственный вариант трактора МТЗ-82, двухосную тележку с активным приводом колес, гидроманипулятор, грузовую платформу для транспортировки круглых лесоматериалов длиной 2, 4, 6 метров, стойки, коники и элементы ограждения. Общая компоновка данной конструктивной схемы производилась с учетом оптимального размещения технологического оборудования, рациональной загрузки ходовой части, обеспечения показателей устойчивости, проходимости и маневренности.

При анализе продольной устойчивости колесных машин производилось определение предельного статического угла подъема. Расчеты показали, что для условий применения форвардера угол  $\alpha$  составляет  $51^{\circ}$ . Предельный угол склона  $\beta$  для погрузочно-транспортной машины не превышает  $32^{\circ}$ . Статический угол поперечного склона  $\beta_{\phi}$ , при котором возможно сползание машины, находится в пределах  $20 \dots 22^{\circ}$ . Поперечная устойчивость погрузочно-транспортной машины рассматривалась также при работе манипулятора. Наиболее неблагоприятным положением с позиции устойчивости является сбор деревьев или сортиментов, лежащих под углом, близким к  $90^{\circ}$  к продольной оси машины. Поэтому в качестве расчетного

случая принимался режим работы с сортаментами. Расчеты показали, что предельный допустимый угол склона при выполнении погрузочных операций составляет  $11^{\circ}$ . Динамическая устойчивость исследовалась по разработанной математической модели, позволяющей анализировать динамические процессы на различных режимах и определять влияние параметров системы на работу машины. Модель предусматривает наличие упругой податливости шин и элементов гидроманипулятора. Проведенные исследования показывают, что наиболее тяжелым режимом работы погрузочно-транспортной машины является подъем пачки сортиментов. Угол поперечного крена в этом случае не превышает  $52^{\circ}$ .

Дополнительно проводились исследования динамической устойчивости форвардера во время движения по трелевочному волоку при переезде через неровность синусоидальной формы. В рассматриваемом случае угол поперечного крена не превышает  $12^{\circ}$ .

Для оценки маневренности был проведен анализ существующей сети дорог, просек и различных трасс, в результате которого было установлено, что их протяженность в среднем на 1 га лесной площади составляет 107 м. Оценка состояния этих проездов показала, что 80 % протяженности дорог, 54 % протяженности квартальных просек и 59 % протяженности различных трасс допустимы для круглогодичной эксплуатации в качестве трелевочно-транспортных проездов. Максимальный процент поврежденности древостоя соответствует наихудшему алгоритму движения машины, при котором приходится проезжать все возможные промежутки между растущими деревьями. Требуемые показатели маневренности лесной машины будут обеспечиваться в случае, если величина продольной базы прицепа составляет до 4,66 м и угол складывания в горизонтальной плоскости -  $40^{\circ}$ . В реальных древостоях действительная повреждаемость деревьев будет в границах теоретически определенных диапазонов, и при наихудшем варианте перемещения лесной машины под пологом леса данный параметр не будет превышать установленных лесоводственных требований более чем на 3...5 %.

Расчет габаритной полосы движения (ГПД) при повороте форвардеров на различный угол с различными режимами движения проводился для исследования влияния конструктивных параметров форвардеров на вписываемость в заданную габаритную зону, определяемую эксплуатационными условиями.

Анализ результатов расчета показателей маневренности погрузочно-транспортных машин без гидроуправляемого дышла показывает, что увеличение длины платформы полуприцепа на 1,2 м не оказывает существенного влияния на их значения. В обоих случаях, как для базового, так и для удлиненного вариантов, ширина габаритной полосы движения составляет

соответственно при круговом движении и при поворотах на  $180^\circ$  и  $90^\circ$  – 4,693 м, 4,511 м и 3,865 м. Исходя из этого, можно указать приемлемые границы коридора движения машины по лесосеке, удовлетворяющие условиям успешного проведения лесозаготовительных работ. Для исследуемого варианта машины данные значения будут варьироваться в пределах 3,5 м – 3,7 м. В случае учета при проведении расчетов бокового увода шин указанные показатели ухудшаются в пределах, не превышающих 4 %.

Проведенный анализ показателей опорной проходимости позволил рекомендовать оснащение погрузочно-транспортной машины шинами 18,4L-30 (задний мост трактора) и 400/55x22,5 (тележка прицепа). В этом варианте шин возможна ее круглогодичная эксплуатация машины на I-II категории лесных почв без ограничений, как по величине давления на грунт, так и по колесобразованию. На лесных почвах с несущей способностью 20 кПа и менее, характеризующихся избыточным увлажнением (торфяно-болотно-глеевые), эксплуатация машины возможна лишь в зимний период либо требуется использование специальных гусеничных лент. На почвах IV категории, составляющих 23% от общей лесопокрытой площади, в весенне-осенний период эксплуатация машины будет ограничена, поскольку сопровождается быстрым разрушением растительного (гумусового) слоя и образованием глубокой колеи на волокнах при неоднократных проходах машины.

Показатели плавности прицепной погрузочно-транспортной машины с объемом пачки  $6 \dots 10 \text{ м}^3$ , длиной сортиментов  $4 \dots 6 \text{ м}$  и рассмотренных скоростных режимах от 1 до 3 м/с соответствуют требованиям действующих документов.

Значения средних квадратичных отклонений ускорений на полу в кабине оператора и переднего моста при трелевке со скоростью движения 2 м/с при уменьшении объема трелеваемой пачки с  $10 \text{ м}^3$  до  $6 \text{ м}^3$  соответственно уменьшились на 66%. При трелевке значения средних квадратичных отклонений ускорений в кабине оператора практически не изменились, над передним мостом уменьшились на 10%.

Во всех рассмотренных случаях ограничений по максимальным воздействиям в частотном диапазоне до 10 Гц не наблюдается.

Проведенная оценка эффективности по критерию энергоемкости процесса трелевки позволила установить, что данный показатель уменьшается с увеличением рейсовой нагрузки пропорционально расстоянию трелевки, массе машины и зависит от почвенно-грунтовых условий. При этом прицепной форвардер имеет лучшие показатели энергоемкости по сравнению с сортиментовозом МЛПТ-354, что подтверждает целесообразность его применения на рубках ухода.



Проведенный комплексный анализ технико-эксплуатационных показателей прицепного сортиментовоза позволил установить следующие основные параметры: длина транспортируемых круглых лесоматериалов от 2 до 6 м; рейсовая нагрузка не более 10 м<sup>3</sup>; полная масса не более 15500 кг; грузовой момент гидроманипулятора не менее 30 кН·м; максимальный вылет стрелы не более 6,5 м; объем платформы не менее 15 м<sup>3</sup>; радиус поворота не более 8 м; удельное давление движителей не более 110 кПа; угол складывания продольных осей трактора и прицепа не более 40°.

УДК 625.815.5

Л.Р. Мытько  
(БГПА, г. Минск)

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В лесопромышленном комплексе Республики Беларусь более 80% заготавливаемой древесины вывозится автомобилями. Интенсивное развитие автомобильного транспорта на вывозке леса объясняется сравнительной легкостью организации лесозаготовительных предприятий на базе автомобильных дорог, возможностью использования для нужд лесозаготовок сети дорог общего пользования. И в дальнейшем намечается постепенное увеличение объема вывозки древесины автомобильным транспортом.

Эффективность работы автомобильного транспорта во многом зависит от дорожных условий. Большегрузные лесовозные автопоезда предъявляют повышенные требования к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог. Осевые нагрузки и давление колес на дорожное покрытие лесовозных автомобилей обычно превышают аналогичные показатели для транспорта общего пользования, и поэтому лесовозные дороги должны иметь устойчивое земляное полотно, прочную дорожную одежду и надежные искусственные сооружения. Вместе с тем лесовозные дороги, имеющие сравнительно небольшую интенсивность движения, строятся по несколько упрощенной технологии, так как на их сооружение выделяются ограниченные капиталовложения.

Недостаток надежных лесовозных дорог с улучшенными типами дорожных покрытий ставит работу лесовозного транспорта в прямую зависимость от климатических и грунтовых условий. Весной и осенью вывозка древесины по грунтовым дорогам значительно сокращается и в отдельных случаях вообще прекращается.