

ОЦЕНКА СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ КОЛЕСНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ С УЧЕТОМ ДЕФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЧВОГРУНТОВ

The design procedure of force of resistance to movement, taking into account deformation of a wood ground is given.

Оценка показателей тягово-сцепных свойств при проектировании специальной колесной лесозаготовительной техники позволяет на стадии проектирования осуществлять выбор рациональных параметров ходовой части, трансмиссии и технологического оборудования [1]. При этом важной является задача определения силы сопротивления движению, возникающей вследствие деформации опорной поверхности и шин колесной лесозаготовительной машины.

Сила сопротивления качению носит сложный характер и вызывается совокупным действием различных факторов. Прежде всего она связана с гистерезисными потерями в опорной поверхности, к которым можно отнести потери на смятие грунта, деформирование его в вертикальной плоскости на глубину колеи. Эти потери связаны с необратимыми остаточными и медленно восстанавливающимися деформациями лесного почвогрунта. Гистерезисные потери также связаны с так называемым "упругим несовершенством" грунта, т.е. с малой скоростью восстановления деформации при быстром уменьшении нормальных нагрузок на него. К гистерезисным потерям относятся все виды гистерезисных деформативных потерь в материале шин при действии на них нормальных, тангенциальных, осевых и боковых реакций лесного грунта.

Гистерезисные потери составляют основную, но не единственную часть сопротивления качению колесных лесозаготовительных машин при их движении по деформируемому грунту.

На характер изменения силы сопротивления качению оказывают влияние потери из-за сжатия и разрушения микронеровностей и посторонних включений (корни деревьев, камни и т.п.) на волоке. К этим потерям относятся потери от накатывания на выступы, оставляемые почвозацепами предыдущих колес, а также потери от накатывания на выступы и впадины, появившиеся вследствие эксплуатационной макрошероховатости основания трелевочного волока.

Сила сопротивления качению зависит от потерь, связанных с проскальзыванием поверхностей колес по поверхности грунта в некоторых или во всех областях контакта. Сюда относятся потери из-за скольжения, вызванного различием в жесткости материалов колеса и лесного почвогрунта, что приводит к разным тангенциальным деформациям при действии одних и тех же касательных сил. В результате этого явления в пятне контакта возникают зоны скольжения, сцепления и покоя. К потерям, связанным с проскальзыванием, относится проскальзывание из-за шероховатости поверхностей колеса и волока, а также проскальзывание точек поверхности шины в пятне контакта при радиальной деформации пневмоколеса.

При движении колесной лесозаготовительной машины по поверхности лесосеки возникают потери из-за молекулярного и электростатического взаимодействия поверхностей грунта и колеса. Это потери, связанные с преодолением сил электрического притяжения на поверхности колеса и грунта в задней части пятна контакта при непрерывно раскрывающемся стыке этих поверхностей, а также потери из-за липкости, т.е.

потери, связанные с разрывом поверхности, образованной слоем адсорбирующих веществ или окислов, смазок и т.п., которые связывают, схватывают контактирующие поверхности. Этот вид потерь не оказывает существенного влияния на силу сопротивления качению, поэтому при расчетах он не учитывается [2].

При движении лесозаготовительных машин по водонасыщенным почвогрунтам значительное сопротивление качению оказывают потери на отжатие воды из пор лесного почвогрунта, лобовое сопротивление свободной воды, а также потери на раздавливание толстых слоев под колесом.

В зависимости от условий качения могут преобладать те или иные причины, вызывающие ему сопротивление, но рассмотренные выше потери оказывают одновременное влияние на силу сопротивления качению колеса. На величину силы сопротивления качению значительное влияние оказывает глубина образующейся колеи, тип и состояние опорной поверхности, диаметр колеса и вертикальная нагрузка на него.

При установившемся движении по горизонтальному участку трелевочного волока сила сопротивления качению колеса может быть определена по формуле [3]

$$P_f = \frac{12 \cdot (2 - \mu) \cdot (3 - \mu) \cdot D^{1/2} \cdot h^{1/2}}{8 \cdot (3 - \mu)^2 \cdot D - 9 \cdot (2 - \mu)^2 \cdot h} \cdot G_k,$$

где μ – коэффициент продольного расширения грунта; D – диаметр колеса, м; G_k – вертикальная нагрузка на колесо, Н; h – глубина образующейся колеи, м.

В связи с тем, что упругость лесных почв небольшая, их можно рассматривать как пластичные материалы, в которых показатели механических свойств изменяются при приложении нагрузки и остаются постоянными после разгрузки. Вследствие этого накопление деформации уплотнения лесного почвогрунта при многократных проходах машины по трелевочному волоку можно описать следующим выражением [4]:

$$h = \frac{\alpha \cdot q_{\max} \cdot n}{1 + \frac{\alpha \cdot q_{\max} \cdot n}{h_{\max}}},$$

где n – число проходов машины; q_{\max} – максимальное давление колесного движителя на опорную поверхность, Па [5].

Коэффициент линейной деформации α массива лесного почвогрунта определяется по следующей формуле:

$$\alpha = 1,12 \frac{1 - \mu^2}{E_0} \cdot b \cdot \chi^{0,385},$$

где E_0 – общий модуль деформации квазиоднородного расширения грунта, Па; χ – отношение ширины опорной поверхности b к ее длине L .

Максимальная деформация уплотнения почвы до состояния наиболее плотной упаковки твердых частиц

$$h_{\max} = H_0 \left(1 - \frac{\rho_0}{(1 - w) \cdot \rho_{\text{ТВ}}} \right),$$

где H_0 – толщина эквивалентного слоя почвы, м; ρ_0 – начальная плотность почвы, г/см³; $\rho_{ТВ}$ – плотность почвы в состоянии наиболее плотной упаковки частиц г/см³; w – влажность почвы.

Толщина эквивалентного слоя равна

$$H_0 = \frac{(1-\mu^2)}{1-2\mu} \cdot \omega \cdot b,$$

где ω – коэффициент, зависящий от формы и размеров площадки, передающей нагрузку; b – ширина площади нагружения, м.

По приведенной методике производилась оценка силы сопротивления качению с учетом деформации лесного почвогрунта колесной трелевочной машины МЛ-126 с шарнирно-сочлененной рамой, тросочерным технологическим оборудованием, шинами низкого давления 30,5L32. Установленные на трелевочную машину шины имеют следующие характеристики: диаметр $D=1,79$ м, ширину $B=0,767$ м, статический радиус $r_{СТ}=0,82$ м, норму слойности $n=12$, высоту профиля $V=0,546$ м, статический прогиб $f_{СТ}=0,0965$ м. На рисунке представлена зависимость изменения силы сопротивления качению от глубины колеи, образующейся при движении колесной трелевочной машины МЛ-126 по волоку.

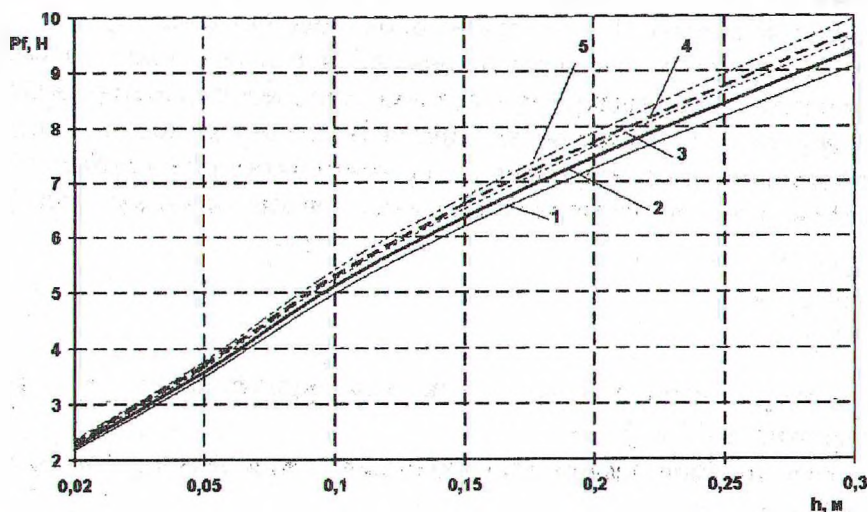


Рис. Зависимость изменения силы сопротивления качению P_f от глубины колеи h : 1 – $\mu=0,5$; 2 – $\mu=0,4$; 3 – $\mu=0,3$; 4 – $\mu=0,25$; 5 – $\mu=0,15$

Проведенный комплекс расчетов по определению силы сопротивления качению колес трелевочной машины МЛ-126 показал, что при увеличении глубины колеи от 0,02 м (что соответствует одному проходу машины по волоку) до 0,3 м (примерно 45...50 проходов машины по колее) сила сопротивления качению возрастает в 4,2 раза. Расчет силы сопротивления качению производился также при моделировании движения трелевочной машины по различным типам лесных почвогрунтов. Так, кривая 1 (рис.) соответствует движению машины по текучим суглинкам ($\mu=0,5$), 2 – по пластичным и текучепластичным суглинкам ($\mu=0,4$), 3 – по супеси ($\mu=0,3$), 4 – по тугопластичным суглинкам ($\mu=0,25$) и кривая 5 ($\mu=0,15$) – по твердым суглинкам. Анализ получен-

ных результатов показал, что с увеличением коэффициента продольного расширения грунта от 0,15 до 0,5 сила сопротивления качению уменьшается в 1,08...1,09 раза.

Таким образом, проведенный комплекс расчетов по определению силы сопротивления качению показал, что на нее значительное влияние оказывают глубина образующейся колеи, тип и состояние опорной поверхности, диаметр колеса и вертикальная нагрузка на него, а также внутреннее давление в шине. Уменьшение давления в шине приводит к уменьшению глубины колеи, но при этом увеличиваются внутренние потери в первой [3].

Приведенная методика позволяет производить оценку силы сопротивления качению колесных лесозаготовительных машин с учетом деформации лесного почвогрунта, что на стадии проектирования дает возможность оценить тягово-сцепные свойства и выбрать рациональные параметры ходовой части, трансмиссии и технологического оборудования лесозаготовительной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гороновский А.Р., Лой В.Н., Гришкевич С.Н. Оценка тягово-сцепных свойств колесной трелевочной машины МЛ-126 // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2000. – Вып. VIII. – С. 59 – 62.
2. Скотников В.А., Пономарев А.В., Климанов А.В. Проходимость машин. – Мн.: Наука и техника, 1982.
3. Полетаев А.Ф. Основы теории сопротивления качению и тяги жесткого колеса по деформируемому основанию. – М.: Машиностроение, 1971.
4. Котиков В.М. Воздействие лесозаготовительных машин на почвы. – Автореф. докт. дис. – М.: МГУЛ, 1995.
5. Жуков А.В., Федоренчик А.С., Клоков Д.В. Воздействие движителей колесных машин на почву и показатели их проходимости // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 1998. – Вып. VI. – С. 11 – 17.

УДК 630.3:629.114.3

О.В. Петрович, ст. преподаватель

МЕТОД КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

Method of kinematic calculation of curvilinear movement track trailer.

Аналитические исследования кинематики криволинейного движения лесовозного автопоезда [1] показывают, что перемещения звеньев автопоезда на элементарных участках его криволинейной траектории можно представить как работу плоского трехзвенного механизма (рис. 1).

В этом случае кинематическая схема модели автопоезда для аналитического расчета перемещений его звеньев будет представлять собой транспортное средство, состоящее из двух колесных тележек (ползунов) 1 и 3, связанных между собой рамой (шатуном) 2. Колесная тележка 1 моделирует движение заднего моста автомобиля-тягача, а движение колесной тележки прицепного звена соответствует перемещению тележки 3. Направление линий движения ведущей тележки 1 определяется значением курсового угла γ автомобиля-тягача на элементарных участках траектории его движения. Тогда кинематика криволинейного движения автопоезда будет представлять собой