

предприятия и упрощает организацию производства трактора, его эксплуатацию и ремонт.

Трактор имеет за кабиной площадку, на которой может быть размещено различное технологическое оборудование: трелевочная лебедка с индивидуальным электроприводом и погрузочным щитом, управляемым при помощи электромеханизмов, или манипулятор с захватом (захватно-срезающим устройством) и зажимной коник. Трактор, оборудованный навесным устройством, может агрегатироваться с различными лесохозяйственными машинами и оборудованием. При движении с грузом нагрузки от передних и задних колес на грунт распределяются равномерно, что в сочетании с шарнирно сочлененной рамой и индивидуальным приводом всех колес обеспечивает реализацию максимального тягового усилия трактора.

Лесохозяйственный колесный трактор предназначен для механизации работ в лесном хозяйстве как на рубках ухода под пологом леса, так и в лесных питомниках. При работе под пологом леса трактор не будет повреждать подрост и корни деревьев, колеса большого размера не нарушат лесной грунт; шарнирная рама позволит проезжать между отдельно растущими деревьями, не задевая их.

Внедрение предлагаемой конструкции трактора в лесном хозяйстве сможет дать экологический, экономический и социальный эффект.

УДК 630*377.72.3

С.С. СИНИЦЫН



Синицын Сергей Сергеевич родился в 1947 г., окончил в 1970 г. Брянский технологический институт, доцент кафедры механизации лесной промышленности и лесного хозяйства Брянской инженерно-технологической академии. Имеет около 40 печатных трудов в области теории взаимодействия колесных машин с опорной поверхностью.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Обоснованы критерии оптимальности, управляемые параметры, целевая функция. Проведена параметрическая оптимизация тягово-сцепных свойств по критерию минимума энергозатрат.

The criteria of optimum capacity, controlled parameters, and target functions have been substantiated. The parametric optimization of traction coupling properties to the criterion of minimum energy consumption has been made.

Одним из основных критериев оценки применения колесных лесотранспортных машин являются эффективность их тягово-сцепных свойств.

В современной теории качения колеса [2] в качестве частных оценочных показателей тягово-сцепных свойств принято использовать коэффициенты: буксования δ , сцепления φ , сопротивления качению f .

В задаче оптимизации тягово-сцепных свойств требуется найти такое решение, которое обеспечивало бы одновременное улучшение всех частных критериев оптимизации. Для совместного учета их совокупности необходимо рассматривать векторный критерий оптимальности $Y(X)$, имеющий вид

$$Y(X) = [Y_1(X), Y_2(X), \dots, Y_k(X)], \quad (1)$$

где Y_i – векторы выходных характеристик системы двигатель – опорная поверхность (показатели тягово-сцепных свойств);

X – вектор внутренних параметров «системы» (управляемый параметр).

Одним из рациональных подходов к решению задачи векторной оптимизации [1] является сведение ее к задаче параметрической оптимизации путем перехода от вектора $Y(X)$ к скалярной целевой функции $F(X)$ по наиболее приемлемому способу свертывания векторного критерия. Предпочтение отдается комплексному (глобальному) критерию, при котором целевая функция тем или иным способом объединяет все или большинство выходных параметров.

В качестве глобального критерия оптимальности тягово-сцепных свойств лесотранспортных машин может быть использована энергосмкость процесса взаимодействия двигателя с деформируемой опорной поверхностью, функционально объединяющая все частные критерии оптимальности. Тогда задача параметрической оптимизации записывается следующим образом:

$$F(X) = N(X) \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$X \in D_x$$

где $N(X)$ – целевая функция, аналитически отражающая связь энергосмкость с управляемыми параметрами;

D_x – область существования значений управляемых параметров, задаваемая прямыми ограничениями на них.

Ввиду большого разнообразия внешних факторов (нагрузочные режимы, свойства и состояния опорной поверхности) решение задачи оптимизации требует оперативного целенаправленного изменения управляемых параметров в довольно широком диапазоне. Этим требо-

ваниям наиболее полно удовлетворяет один из внутренних параметров системы движитель – опорная поверхность – давление воздуха в шинах, которое можно регулировать с помощью специальных устройств даже в ходе рабочего процесса.

При использовании лишь одного управляемого параметра – давления p_w воздуха в шинах (случай одномерной оптимизации), формализованная задача отыскания оптимальных p_w^* значений давлений, доставляющих минимум целевой функции $N(p_w)$, принимает вид

$$N(p_w^*) = \min_{p_w \in D p_w} N(p_w), \quad (3)$$

где область $D p_w$ существования значений p_w ограничена минимальными (p_{\min}) и максимальными (p_{\max}) допустимыми значениями.

Для определения p_w^* проведем монопараметрическую оптимизацию (минимизацию) целевой функции $N(p_w)$, полученной в работе [3] и имеющей следующий вид:

$$N(p_w) = \alpha \beta^{\mu+1} (p_a + p_w)^{\mu} + \frac{\gamma \beta^{\mu}}{p_a + p_w}, \quad (4)$$

где α, β, γ – функционалы, включающие независимые от p_w параметры шины и грунта;

μ – параметр грунта;

p_a – атмосферное давление.

Находим частную производную от функции $N(p_w)$ по p_w и приравниваем ее нулю:

$$\alpha \beta^{\mu+1} \frac{\mu+1}{\mu} (p_a + p_w)^{\frac{1}{\mu}} - \frac{\gamma \beta^{\mu}}{(p_a + p_w)^2} = 0. \quad (5)$$

Отсюда получим

$$p_w^* = \left(\frac{\gamma}{\alpha \beta \frac{\mu+1}{\mu}} \right)^{\frac{\mu}{1+2\mu}} - p_a$$

или в развернутом виде

$$p_w^* = k \left[\left(\frac{2\pi B_p k_{\text{ш}} \mu}{h_0} \right)^{\frac{\mu}{1+\mu}} / \left(\frac{\sqrt{G}}{2\pi bc} \right)^{\frac{1}{1+2\mu}} \right] - p_a. \quad (6)$$

где $k, k_{\text{ш}}, b, B_p$ – параметры шины;

h_0 – базовая деформация грунта, численно равная 0,01 м;

G – нагрузка на колесо;

c – параметр грунта.

Экспериментальная проверка полученной зависимости показала достаточно близкое совпадение расчетных и опытных данных. Так, для трактора Т-157 с шинами 530-010Р ($b = 0,4$ м; $B_n = 0,5$ м; $k_m = 1,6 \cdot 10^4$ Па; $k = 0,95 \cdot 10^4$ м · Па/ Н^{0,5}, работающего на заболоченной лесосеке ($\mu = 0,5$; $c = 1,5 \cdot 10^5$ Па), минимальные энергозатраты обеспечиваются при $p_w^* = 0,1$ МПа. Расчетное же значение составляет 0,108 МПа.

В эксплуатационных условиях задача минимизации энергозатрат может быть реализована благодаря использованию дистанционных систем регулирования давления в шинах. Поскольку колесные машины эксплуатируются на самых разнообразных опорных поверхностях, более перспективным направлением следует считать автоматизацию процесса минимизации энергозатрат за счет применения экстремальных систем регулирования давления, обеспечивающих автоматический поиск и поддержание оптимального давления воздуха в шинах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Батишев Д.И. Методы оптимального проектирования. - М.: Радио и связь, 1984. - 248 с. [2]. Левин М.А., Фураев Н.А. Теория качения деформируемого колеса. - М.: Наука, 1989. - 272 с. [3]. Синицын С.С., Буров П.А. Уменьшение сопротивления качению колесного движителя по деформируемому основанию // Эксплуатация лесовозного подвижного состава: Межвуз. сб. - Свердловск, 1987.
-