

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА СТАТИЧЕСКОЙ ПОВОРАЧИВАЕМОСТИ ПОЛНОПРИВОДНОЙ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ СО ВСЕМИ УПРАВЛЯЕМЫМИ КОЛЕСАМИ

*Махнач Екатерина Сергеевна,
Юденюк Мария Викторовна*

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Атаманов Ю.Е.
(Белорусский национальный технический университет)*

В статье рассматривается вопрос определения вида статической поворачиваемости полноприводной колесной машины на стадии проектирования. Предлагается методика определения коэффициентов для уравнений кругового движения полноприводных машин со всеми управляемыми колесами.

Поворачиваемость – свойство колесной машины совершать повороты с заданной кривизной траектории. Различают три вида статической поворачиваемости: избыточная поворачиваемость – уменьшение радиуса поворота при увеличении скорости движения; недостаточная поворачиваемость – увеличение радиуса поворота при увеличении скорости движения; нейтральная поворачиваемость – радиус поворота при увеличении не изменяется скорости движения.

Машина при прямолинейном движении под действием внешней боковой силы может самопроизвольно входить в поворот. При избыточной поворачиваемости этот процесс может развиваться вплоть до потери управляемости, а при недостаточной поворачиваемости этот процесс происходит до определенного момента, когда внешняя боковая сила уравновесится нормальной составляющей силой инерции.

Поэтому желательно, чтобы проектируемая машина обладал некоторой недостаточной поворачиваемостью, при которой движение будет устойчивое.

Проблема определения вида статической поворачиваемости существует давно и решается различными способами, но до сих пор не найдено наилучшего решения. Например, в учебнике «Тракторы: теория» были выведены алгебраические уравнения связывающие тяговые усилия ведущих мостов и боковые силы, действующие на мосты при дифференциальном и заблокированном приводах из условия, что вектор суммарной силы тяги машины равен векторной сумме тяговых усилий ведущих мостов: $F_k = F_{k1} \cos \alpha_1 + F_{k2} \cos \alpha_2$. Однако в этих уравнениях не учитывается проекция на ось Y. Мы предлагаем принять $F_k = F_{k1} + F_{k2}$, что существенно изменяет расчеты.

С учетом сказанного коэффициенты уравнения движения колесной машины с дифференциальным межосевым приводом примут следующий вид:

$$\begin{aligned} A[1,1] &= (1 - \xi) \cos \alpha_1 + \xi \cos \alpha_2; \\ A[2,1] &= (1 - \xi) \sin \alpha_1 + \xi \sin \alpha_2; \\ A[3,1] &= a(1 - \xi) \sin \alpha_1 + b\xi \sin \alpha_2; \\ B[1] &= F_{f1} \cos \alpha_1 + F_{f2} \cos \alpha_2 + F_{jx}; \\ B[2] &= F_{f1} \sin \alpha_1 - F_{f2} \sin \alpha_2 + F_{jy}; \\ B[3] &= aF_{f1} \sin \alpha_1 + bF_{f2} \sin \alpha_2. \end{aligned}$$

Соответственно коэффициенты уравнений движения для машины с заблокированным межосевым приводом примут вид:

$$\begin{aligned} A[1,1] &= \frac{[i_2 \lambda_1 \cos(\alpha_2 + \varphi_2) \cos \alpha_1 + i_1 \lambda_2 \cos(\alpha_1 - \varphi_1) \cos \alpha_2]}{z}; \\ A[2,1] &= \frac{[-i_2 \lambda_1 \cos(\alpha_2 + \varphi_2) \sin \alpha_1 + i_1 \lambda_2 \cos(\alpha_1 - \varphi_1) \sin \alpha_2]}{z}; \\ A[3,1] &= \frac{[-b i_1 \lambda_2 \cos(\alpha_1 - \varphi_1) \cos \alpha_2 - a i_2 \lambda_1 \cos(\alpha_2 + \varphi_2) \cos \alpha_1]}{z}; \\ A[1,2] &= -\sin \alpha_1; \quad A[2,2] = -\cos \alpha_1; \quad A[3,2] = -a \cos \alpha_1; \\ A[1,3] &= \sin \alpha_2; \quad A[2,3] = -\cos \alpha_2; \quad A[3,3] = -b \cos \alpha_2; \\ B[1] &= F_{f1} \cos \alpha_1 + F_{f2} \cos \alpha_2 + F_{jx} - \\ &\quad \frac{(\lambda_2 r_{21} \cos(\alpha_1 - \varphi_1) - \lambda_1 r_{22} \cos(\alpha_2 + \varphi_2)) \cos \alpha_1}{z} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{(-\lambda_2 r_{d1} \cos(\alpha_1 - \varphi_1) + \lambda_1 r_{d2} \cos(\alpha_2 + \varphi_2)) \cos \alpha_2}{z} \\
B[2] = & F_{f1} \sin \alpha_1 - F_{f2} \sin \alpha_2 + F_{jy} + \\
& + \frac{(\lambda_2 r_{d1} \cos(\alpha_1 - \varphi_1) - \lambda_1 r_{d2} \cos(\alpha_2 + \varphi_2)) \sin \alpha_1}{z} \\
& - \frac{(-\lambda_2 r_{d1} \cos(\alpha_1 - \varphi_1) + \lambda_1 r_{d2} \cos(\alpha_2 + \varphi_2)) \sin \alpha_2}{z}; \\
B[3] = & a \frac{(\lambda_2 r_{d1} \cos(\alpha_1 - \varphi_1) - \lambda_1 r_{d2} \cos(\alpha_2 + \varphi_2)) \sin \alpha_1}{z} \\
& - b \frac{(-\lambda_2 r_{d1} \cos(\alpha_1 - \varphi_1) + \lambda_1 r_{d2} \cos(\alpha_2 + \varphi_2)) \sin \alpha_2}{z} \\
z = & i_2 \lambda_1 \cos(\alpha_2 + \varphi_2) + i_1 \lambda_2 \cos(\alpha_1 - \varphi_1).
\end{aligned}$$

Нами была разработана программа, позволяющая аналитическим методом рассчитывать изменения радиуса поворота колесной машины со всеми управляемыми колесами, как с дифференциальным межосевым приводом, так и с заблокированным межосевым приводом, что позволяет определять вид статической поворачиваемости машины в зависимости от ее конструктивных параметров и условий эксплуатации на этапе проектирования.

УДК 62-762(035)

КИНЕМАТИКА РУЛЕВЫХ ТРАПЕЦИЙ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕЁ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ

*Пивоварчик Евгений Вячеславович,
Дымский Евгений Олегович*

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Атаманов Ю.Е.
(Белорусский национальный технический университет)*

В данной работе проведен анализ кинематики поворота троллейбуса и кинематики рулевых трапеций, а также представлены мето-