

Гурвич Ю.А., Лебедев Е.П.

Белорусский национальный технический университет, Минск

Предпосылки к экспериментально-аналитический метод определения динамических характеристик шин

Механико-математическое описание автоколебаний управляемых колес транспортных средств помимо уравнений движения содержит еще и уравнения неголономных связей катящихся эластичных шин. Эти уравнения известны в нескольких вариантах и отличаются друг от друга числом вводимых переменных, количеством кинематических и жесткостных коэффициентов, математическими выражениями для их определения, величиной диапазона путевой частоты (путевая частота $\omega = \frac{2\pi}{vT}$, где v – скорость центра колеса; T - период бокового или углового гармонического воздействия на катящееся колесо). Соответственно расчеты автоколебаний, использующие тот или иной вариант уравнений связей, имеют различную точность.

Анализ литературных источников показал, что:

- автоколебания управляемых колес иногда возникают у большинства самоходных машин в диапазоне путевых частот от 0,5 до 25 рад/м;
- диапазон от 0 до 0,5 ... 0,7 рад/м включает в себя путевые частоты, соответствующие всём известным на практике эксплуатационным режимам движения пневмоколесных машин - управляемому движению, влиянию прицепов и т.д.;
- в расчетах, связанных с динамикой машин, используют характеристики шин, полученные при статических испытаниях, в лучшем случае, - из экспериментальной зависимости «боковая сила от угла увода», в то время как должны использовать динамические характеристики шин, которые могут отличаться от используемых характеристик на 40-50%.

Особенно важно использовать точные значения кинематических и жесткостных коэффициентов катящихся шин, соответствующие широкому диапазону путевой частоты (от 0 до 25 рад/м), при проектировании транспортного средства по многим критериям: отсутствие автоколебаний управляемых колес, их достаточной стабилизации, плавности хода, безопасности движения (с учетом среднего времени реакции водителя) во всем предполагаемом скоростном диапазоне движения машины. У спроектированной машины с коэффициентами шин, соответствующими, например, диапазону путевой частоты от 0 до 0,3 рад/м, при ее эксплуатации

в области больших значений путевой частоты, обязательно возникнут автоколебания управляемых колес.

Известные к настоящему времени математические выражения для определения кинематических коэффициентов катящихся в ведомом режиме шин справедливы только для небольшого по размерам диапазона путевой частоты (от 0 до 0,5 ... 0,7 рад/м), не учитывают влияние стабилизирующего момента, действующего на колесо со стороны дороги, содержат коэффициенты, для определения которых необходимо проводить разнородные эксперименты.

Исходя из изложенного, покажем, что значения кинематических и жесткостных коэффициентов катящихся шин, соответствующие широкому диапазону путевой частоты (с учетом влияния стабилизирующего момента и выполнив только один эксперимент с катящейся шиной) могут быть определены в результате параметрической идентификации процесса качения эластичных шин.

Идентификация процесса качения шин осуществляется в два этапа. На первом этапе выполняются экспериментальные работы по определению амплитудных частотных и фазовых частотных характеристик боковой силы Q и стабилизирующего момента M , действующих на колесо со стороны дороги. На втором - с помощью методов математического программирования производится оценка кинематических и жесткостных динамических коэффициентов шин. Для этих целей используется одна из двух одинаковых по структуре феноменологических моделей М.В. Келдыша и Б. И. Морозова катящегося без скольжения в ведомом режиме колеса.

Следовательно, при оценивании параметров C_1 возникает задача аппроксимации данных экспериментов Z_{ni} , полученных при i -тых значениях путевой частоты ω_i , расчетными частотными характеристиками X_{ni} , уравнений связей (1) в i -тых точках, находящихся в широком диапазоне путевой частоты, где $n = 1, \overline{M}$ - количество частотных характеристик; $i = 1, \overline{K}$ - число точек на каждой экспериментальной частотной характеристике в выбранном диапазоне путевой частоты; Z_{ni} - массивы экспериментальных данных, представляющие амплитудные частотные и фазовые частотные характеристики боковой силы и стабилизирующего момента в выбранном диапазоне путевой частоты; X_{ni} - амплитудные частотные и фазовые частотные расчетные характеристики боковой силы и стабилизирующего момента уравнений связей (1) в i -тых точках (здесь непрерывный процесс аппроксимируется дискретным); ω_i - путевая частота, которая может варьироваться за счет линейной скорости центра колеса (при постоянном периоде T боковых и угловых гармонических колебаний колеса) или периода (при постоянной скорости v) или скорости и периода одновременно.

Величина погрешности оцениваемых коэффициентов зависит от точности математической модели и метода оптимизации. Реализация оптимальной процедуры оценивания (с минимальной погрешностью результата) гарантирована, если модель содержит:

- экспериментальные данные, которые, во-первых, отражают основные свойства уравнений связей (их линейность и безынерционность процесса качения шин), во-вторых, соответствуют предпосылкам вероятностной модели, что позволит в дальнейшем статистическими методами фильтровать влияние помех (шумов), сопутствующих опытам с шиной;

- адекватные частотные характеристики;
- наиболее информативную целевую функцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Динамика неавтономных систем. — М.: Наука, 1967.— 519 с.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования.— М.: Наука, 1975.— 767 с.