

УДК 630.383

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ  
И ПОДВЕСОК ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ  
КАК КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

К.А. ЯКОВЛЕВ

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»

E-mail: [kosty\\_2003\\_27@mail.ru](mailto:kosty_2003_27@mail.ru)

Одним из самых сложных видов колебаний колес являются автоколебания, которые в иностранной литературе получили название «шимми».

В дальнейшем, для краткости, когда речь будет идти об автоколебаниях управляемых колес, мы также будем пользоваться термином «шимми».

Принято различать «шимми» кинематическое и гироскопическое. Гироскопическое «шимми» иногда называют динамическим. Следует отметить, что эти понятия не всегда совпадают. Последнее понятие является более широким и на наш взгляд менее удачным, так как любой колебательный процесс является динамическим и таким образом кинематическое «шимми» так же можно назвать динамическим [1].

Дадим краткую характеристику каждого из видов «шимми» и укажем на его основные причины.

Кинематическое «шимми» – следствие боковой податливости шины и наличие в системе зазоров. Характерно, что такое «шимми» может возникнуть в системе с одной основной степенью свободы (дополнительные степени свободы вносятся податливостью шины).

В чистом виде кинематическое «шимми» встречается редко, но некоторые системы в первом приближении приводятся к модели, в которой может существовать кинематическое «шимми». Этот вид «шимми» изучен лучше других, так как модель его сравнительно проста (одноколесная модель) и трудности теоретического анализа в основном определяются сложностью модели пневматической шины. Соответственно в работах по кинематическому «шимми» обычно большое внимание уделяется анализу существующих в разработке новых моделей шин.

Существование динамического «шимми» обусловлено наличием плеча стабилизации (делается конструктивно путем смещения оси шкворня или накло-

ном её в продольном направлении), недостаточным вязким и сухим трением в системе рулевого управления, а также малой жесткостью его элементов.

Гироскопическое «шимми» можно считать частным случаем динамического и его возникновение обуславливается теми же причинами, но главным фактором, вызывающим гироскопическое «шимми», являются двухсторонние гироскопические связи, которые, в свою очередь, возможны только в системах с двумя степенями свободы.

Распространяя отмеченное выше на колебательные системы автомобилей, можно отметить следующее. Гироскопическое «шимми» может возникать у автомобилей с зависимой подвеской управляемых колес (неразрезная балка). При этом основными степенями свободы, по которым устанавливается двухсторонняя гироскопическая связь, являются: поворот колес вокруг шкворней и поворот балки переднего моста (управляемого) вместе с колесами вокруг продольной оси автомобиля. Такое же «шимми» может возникать и у автомобилей с независимой подвеской передних колес, если частоты колебаний (собственных) колес вокруг осей шкворней корпуса автомобиля (или его передней части) вокруг продольной оси автомобиля достаточно близки.

К кинематическому «шимми» принято относить самовозбуждающиеся колебания управляемых колес у автомобилей с независимой подвеской колес, если колебания последних не сопровождаются колебаниями корпуса и соответственно колебаниями колес поперечной плоскости.

Вполне очевидно, что ни то, ни другое «шимми» в чистом виде в автомобилях мы не наблюдаем и отмеченные названия говорят лишь о том, какой фактор (податливость шины или гироскопические связи) в данном случае играет решающую роль. Более того, у одного и того же автомобиля в зависимости от скорости движения может наблюдаться как гироскопическое, так и кинематическое «шимми». В общем, следует иметь в виду, что в реальных объектах мы наблюдаем «шимми» как результат действия обоих отмеченных факторов.

Кроме «шимми» отмеченных видов могут возникать колебания управляемых колес вследствие их дисбаланса. Вынужденные колебания колес от дисбаланса могут возбудить в системе автоколебания, если таковые принципиально возможны и экономически оправданы. Рациональным представляется назначение допустимой величины дисбаланса для каждого автомобиля с учетом свойств его колебательной системы и скоростей движения.

При езде по дороге с неровностями возникают также колебания колес случайного характера, которые частично передаются на руль. Обычно рулевые управления проектируют таким образом, чтобы эти толчки не ощущались на руле.

Соответственно дисбаланс колес можно считать допустимым, если интенсивность вынужденных колебаний колес от дисбаланса находится на уровне интенсивности колебаний, вызванных неровностями дороги.

Дадим краткий анализ существующих конструкций рулевых управлений и подвесок автомобилей с точки зрения различного рода колебаний управляемых колес.

Прежде всего, отметим те основные требования, которые предъявляются к рулевым управлениям.

- 1 Обеспечение высокой маневренности автомобиля в различных условиях.
- 2 Легкость управления, которая оценивается по величине усилия на руле.
- 3 Высокая степень надежности.
- 4 Правильная кинематика поворота (должно отсутствовать или сведено к минимуму проскальзывание шин при повороте).
- 5 Умеренное ощущение толчков на рулевом колесе при езде по плохим дорогам.
- 6 Точность следящего действия.
- 7 Отсутствие больших люфтов.

С точки зрения устойчивости движения управляемых колес важное значение имеют требования 2, 5, 7.

Легкость управления определяется величиной передаточного отношения от руля к колесам и величинами сил трения в системе рулевого управления. В общем случае рулевое управление состоит из трех основных частей: рулевого механизма, рулевого привода и усилителя. В настоящее время наибольшее распространение получили следующие рулевые механизмы: червячные (с сектором и роликом); кривошипно-винтовые (с шипом у кривошипа, с гайкой кривошипа и др.); комбинированные (например, винт-гайка-рейка-сектор и др.); реечные и др. Потери в рулевом механизме оцениваются коэффициентом полезного действия (к.п.д.).

Различают к.п.д. механизма в прямом и обратном направлениях, т.е.  $\eta_{рм}$  и  $\eta_{мр}$ . С точки зрения легкости управления всегда желательно иметь возможно

большее значение  $\eta_{рм}$ . КПД в обратном направлении  $\eta_{мр}$  всегда должно быть меньше, чем  $\eta_{рм}$ .

С точки зрения передачи толчков от дороги на руль желательно, чтобы механизм был самотормозящим, т.е.  $\eta_{мр} \leq 0$ . Однако при этом будет отсутствовать «чувство дороги» и самовозврат колес. Поэтому необходимо иметь  $\eta_{мр} < \eta_{рм}$ , но  $\eta_{рм}$  обязательно должно быть положительным.

Высокие значения  $\eta_{рм}$  у комбинированных механизмов винт-гайка-сектор-рейка, червячно-спиральных механизмов с боковым сектором, а также у механизмов с глобоидальным червяком и роликом ( $\eta_{рм}$  у них соответственно 0,70 ... 0,90, 0,73 ... 0,77, 0,77 ... 0,82).

Требование, чтобы механизм в обратном направлении находился на пределе самовозврата, не распространяется на рулевые управления с усилителем, так как в этом случае в значительной степени толчки воспринимаются гидроусилителем.

Таким образом, обратимость рулевого механизма в обратном направлении определяет уровень толчков и колебаний, которые передаются от колес на руль. Обратная обратимость рулевого механизма оказывает влияние и на возникновение, а также характер протекания «шимми». При незначительной обратимости рулевого механизма модель автоколебательной системы имеет закрепленное рулевое колесо, а в противном случае – незакрепленное.

Системы с малой обратной обратимостью рулевого механизма меньше склонны к возникновению «шимми».

Существенное влияние на устойчивость движения управляемых колес (как против «шимми», так и против вынужденных колебаний) автомобиля (любого управляемого шасси) оказывают зазоры в системе рулевого управления. Зазоры оказывают дестабилизирующее влияние на движение управляемых колес и способствуют возникновению «шимми». Вредное влияние оказывают зазоры в системе рулевого управления на стабилизацию колес, наличие зазоров снижает «чувство дороги», т.е. снижается показатель управляемости.

По современным требованиям зазоры в системе рулевого управления должны быть сведены к нулю. Однако в эксплуатации зазоры в рулевом управлении практически всегда имеют место.

В системе рулевого управления с гидроусилителем зазор принципиально не может отсутствовать. Таким образом, при построении модели колебательной системы зазор необходимо учитывать.

При рассмотрении колебательной системы автомобиля, снабженного гидроусилителем, необходимо учитывать следующее обстоятельство. Гидроусилитель вследствие имеющегося в его системе запаздывания сам по себе может входить в автоколебательный режим и соответственно вызывать колебания управляемых колес. Причем такие колебания могут возникать даже на месте. Поэтому следует различать такие понятия, как устойчивость движения управляемых колес без усилителя, устойчивость самого усилителя и, наконец, устойчивость всей системы в целом.

Следует отметить, что теоретический анализ системы с учетом гидроусилителя довольно сложный, и подобный анализ можно провести только для упрощенной модели колебательной системы.

#### Библиографический список

1 Скрыпников, А. В. Повышение надежности технического состояния парка подвижного состава, специализирующегося на перевозке лесных грузов [Текст] : монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, К. А. Яковлев ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Москва : «Флинта», 2012. – 152 с.