

**ДИАГНОСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРЕДНЕГО МОСТА
ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ**

Лопатин С. Н.

**Научный руководитель – к.т.н., профессор Гринцевич В. И.
Сибирский федеральный университет**

Исправное техническое состояние транспортного средства является залогом безопасности дорожного движения. Техническое состояние элементов переднего моста, включая рулевой привод, играет одну из самых важных ролей в обеспечении безопасной эксплуатации автомобиля.

Появление неисправностей в этих элементах вызывает ухудшение управляемости и устойчивости, проявляющиеся в рыскании и уводе автомобиля, т. е. самопроизвольного отклонения автомобиля от направления прямолинейного движения. При этом увеличивается сопротивление качению шин, что связано с повышением интенсивности изнашивания шин и увеличением расхода топлива.

Интегральным показателем технического состояния элементов переднего моста, включая привод рулевого управления, является суммарный люфт рулевого колеса. Однако этот показатель не позволяет локализовать конкретные неисправности моста.

В настоящее время диагностирование рассматриваемых объектов производится вручную или на стендах, так называемых люфт-детекторах. Неисправности выявляют при принудительном покачивании переднего колеса автомобиля. При использовании стенда на колеса передаются динамические нагрузки в различных направлениях. Это имитирует условия движения автомобиля по дороге со сложным профилем.

Однако при всех этих способах люфты в элементах моста определяют лишь использованием лишь органолептических методов. Поэтому результаты диагностирования носят субъективный характер и зависят напрямую от квалификации обслуживающего персонала. Процесс постановки диагноза довольно трудоемок.

Это обстоятельство обуславливает необходимость разработки способа, позволяющего устранить выше перечисленные недостатки диагностирования моста автомобиля. В основу разрабатываемого способа положено использование математической модели процесса диагностирования объектов [1]:

$$V=F(W), \quad (1)$$

где V – структурный параметр технического состояния диагностируемого объекта (элемента моста транспортного средства); W – диагностический сигнал; F – оператор связи структурного параметра и диагностического сигнала. При этом рассматривается преобразование функции технического состояния W в обобщенную функцию сигнала V .

Преобразованная зависимость (1) диагностического сигнала S от значений люфтов x_i в элементах переднего моста имеет вид:

$$S = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_m). \quad (2)$$

Преобразованное выражение (2) в развернутом виде:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \varphi_1(x_1, x_2, \dots, x_m); \\ S_2 &= \varphi_2(x_1, x_2, \dots, x_m); \\ S_3 &= \varphi_3(x_1, x_2, \dots, x_m); \\ &\dots\dots\dots \\ S_n &= \varphi_n(x_1, x_2, \dots, x_m). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Условием существования решения системы (3) является допущение, что функции φ_j непрерывны и дифференцируемы в области задания по каждому из своих аргументов. Система имеет единственное решение ($x_1 = \dots$; $x_2 = \dots$; $x_3 = \dots$; $x_m = \dots$) при количестве независимых диагностических сигналов $n \geq m$ (количества независимых структурных параметров).

Специфика функционирования диагностируемых элементов переднего моста автомобиля предполагает разброс величины диагностического сигнала при одинаковом наборе влияющих факторов. Поэтому для решения системы относительно x_i принципиально возможно подобрать достаточное число уравнений

$$S_j = \Psi_j(x_1, x_2, \dots, x_m)$$

и подобрать наилучшим образом значения x_i таким образом, чтобы каждое из этих уравнений в какой-то степени приближалось к уравнению

$$S_j = \varphi_j(x_1, x_2, \dots, x_m)$$

в системе (3). Для этого следует перейти от системы (3) к системе (4). При этом система уравнений будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \Psi_1(x_1, x_2, \dots, x_m); \\ S_2 &= \Psi_2(x_1, x_2, \dots, x_m); \\ S_3 &= \Psi_3(x_1, x_2, \dots, x_m); \\ &\dots\dots\dots \\ S_n &= \Psi_n(x_1, x_2, \dots, x_m). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Определение люфтов x_i в системе уравнений предусматривает ввод возмущений путем исключения влияния отдельных элементов системы на выходной сигнал S_j . При этом следует соблюдать определенный порядок отключения элементов, включая и различные сочетания отключаемых элементов. В последнем случае нет необходимости в техническом обеспечении отключения каждого элемента x_i системы.

Используемая для практической реализации модель системы с учетом представления системы (4) имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= a_1 \cdot (x_{10} + \Delta x_1) + a_2 \cdot (x_{20} + \Delta x_2) + \dots + a_m \cdot (x_{m0} + \Delta x_m); \\ S_2 &= a_1 \cdot x_{10} + a_2 \cdot (x_{20} + \Delta x_2) + \dots + a_m \cdot (x_{m0} + \Delta x_m); \\ S_3 &= a_1 \cdot (x_{10} + \Delta x_1) + a_2 \cdot x_{20} + \dots + a_m \cdot (x_{m0} + \Delta x_m); \\ &\dots\dots\dots \\ S_n &= a_1 \cdot (x_{10} + \Delta x_1) + a_2 \cdot (x_{20} + \Delta x_2) + \dots + a_m \cdot x_{m0}; \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где a_i – коэффициенты чувствительности [2], определяемые заранее для конкретной модели автомобиля расчетом по результатам измерений между базовыми элементами переднего моста автомобиля x_{i0} – величина люфта i -го сопряжения при его исправном состоянии; Δx_i – величина приращения люфта i -го сопряжения в результате его износа.

Значение коэффициента a_i принято обратно пропорциональным расстоянию между контролируемым элементом моста и центром пятна контакта колеса с поверхностью площадки люфт-детектора.

Процесс диагностирования элементов моста с использованием модели (системы 5) сопровождается, как указано выше, поочередным отключением элементов (или их сочетаний) путем дистанционного управления режимами функционирования устройств, позволяющими устранять повышенные зазоры в конкретных сочленениях и при этом не препятствовать нормальному функционированию сопряженных базовых элементов моста автомобиля.

При исправном состоянии рулевого привода, правильной регулировке подшипников ступиц и нормальном давлении в шинах суммарный люфт проверяемого колеса составит:

$$S_i = a_0,$$

где $a_0 = a_1 \cdot x_{10} + a_2 \cdot x_{20} + \dots + a_m \cdot x_{m0}$.

В первом приближении примем: $x_{10} = x_{20} = x_{30} = \dots = x_{m0}$.

Тогда $x_{i0} = \sum_{i=1}^m a_i / m$. При этом следует иметь в виду, что отклонение принятых значений x_{i0} от фактических значений люфтов в элементах моста окажет влияние лишь на величину систематической ошибки и не скажется на результатах диагноза.

Диагностируемые люфты x_i обусловлены величиной начального люфта x_{i0} и его приращения Δx_i в результате износа сопряжений:

$$x_i = x_{i0} + \Delta x_i. \quad (6)$$

Следует учесть, что с учетом допущений в системе (4), система (5) может не иметь аналитического решения. Поэтому поиск решения, определение значений диагностируемых структурных параметров, как указано выше, производят подбором оптимальных значений Δx_i при помощи стандартных программ современного компьютера, позволяющих максимально возможно соблюсти равенства в уравнениях системы (5).

В результате получают значения Δx_i , которые с учетом выражения (6) позволяют определить значения люфтов конкретных элементов объекта:

$$x_1 = \quad ; x_2 = \quad ; x_3 = \quad ; x_m = \quad .$$

Полученные значения x_i сравнивают с эталонными значениями люфтов x_{i0} . Вывод о наличии повышенных люфтов производится на основании требований, предъявляемых к техническому состоянию объекта вводом соответствующего допустимых ко-

эфициентов превышения нормальных значений структурных параметров.

Процесс диагностирования элементов при горизонтальном и вертикальном перемещениях автомобильного колеса требуют составления отдельных систем уравнений.

Практическое определение структурных параметров и их локализация осуществляется по величине смещений датчиков , сопряженных с ободом (диском) автомобильного колеса или выступающими боковыми поверхностями шины. Переднее колесо автомобиля перемещается в горизонтальной или вертикальной плоскостях при движении площадок люфт-детектора в различных направлениях. В качестве устройств, для преобразования смещений колеса в диагностические сигналы, могут использоваться элементы, аналогичные, к примеру, элементам конструкции люфтомера ИСЛ-401м.

Разрабатываемый способ определения величин зазоров в сопряжениях моста автомобиля автоматизирует процесс диагностирования. Применение этого способа на практике позволит достаточно точно и объективно определить неисправное сопряжение, а также значительно сократить трудоемкость проведения диагностических работ. Способ приемлем для классической компоновки легкового автомобиля, а также для автобусов и грузовых автомобилей.

Достоинством разрабатываемого способа является простота его использования, поскольку диагностирование производится на имеющихся постах, оснащенных люфт-детекторами.