

О. В. Дитятьєв

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Существующие способы диагностирования рулевого управления можно охарактеризовать низкой эффективностью. По разным причинам как декларативные, так и реально существующие (поддерживаемые оборудованием) способы, как правило, имеют низкую точность и неспособность локализовать неисправности. Встроенное диагностирование не может повлиять на ситуацию из-за малого количества датчиков в системе рулевого управления. К причинам низкой точности способов следует отнести конструктивные особенности, малую доступность компонентов (низкую ремонтпригодность). Трудности в локализации неисправностей обусловлены структурной схемой, характеризуемой параллельно-последовательным построением. Проанализированы параметры способов диагностики, предложен способ, основанный на учёте структуры рулевого управления, при реализации которого тестовые воздействия прикладываются к управляемым колёсам. Всего необходимо провести три измерения люфтов и в результате математической обработки результатов становится возможным локализовать неисправность в трёх звеньях последовательных элементов рулевого механизма или рулевого привода. В соответствии с этим подходом, рулевое управление рассматривается как совокупность трёх структур – параллельной и двух последовательных.

В качестве модели использовалось рулевое управление с реечной передачей. Здесь в параллельную структуру входят элементы рулевой трапеции: поворотный рычаг, левый и правый; рулевая тяга, левая и правая; рулевая рейка - левый и правый шарниры. В левую последовательную структуру входят: поворотный рычаг, левый; рулевая тяга, левая; шарнир рулевой рейки, левый; рулевая передача, рулевой вал, рулевое колесо. Соответственно, в последовательную правую структуру входят аналогичные элементы с признаком «правый». Структура люфтов рулевого управления рассматривается аналогичным образом. В результате появляется возможность получить преобразованную систему из трёх алгебраических уравнений, связывающих зазоры в трёх группах сопряжений и люфты в параллельной и двух последовательных структурах рулевого управления. Для измерения люфтов использовались поворотные площадки стенда BOSCH FWA 4410, в другом варианте колёса вывешивались. В результате испытаний, проведённых на автомобилях VW GOLF, VW PASSAT и RENAULT 25, имеющих значительные пробеги, были получены данные, свидетельствующие о необходимости проведения технических воздействий над локализованными группами сопряжений.

Ключевые слова: рулевое управление, структура, диагностирование, анализ способов, локализация неисправностей.

Введение

Рулевое управление (РУ) автомобиля обеспечивает изменение направления движения согласно управляющим воздействиям водителя, а также поддержание заданного направления движения, несмотря на наличие внешних возмущений (поперечный уклон дороги, боковой ветер, неравномерность касательных реакций в контактах колес с дорогой и др.). Для оценки выполнения этих функций используются соответственно две эксплуатационные характеристики – управляемость и устойчивость. Дополнительно к автомобилю, в части РУ, предъявляются требования маневренности, легкости управления. Реализация всех этих требований в условиях эксплуатации осуществляется через совершенство конструкции и требуемый уровень технического состояния, обеспечиваемый технической службой предприятия. Важную роль в обеспечении надёжности РУ, среди прочих технологических операций, играет диагностирование.

Целью работы является анализ существующих способов диагностирования РУ и разработка перспективного способа, реализующего задачи диагностики в части локализации неисправностей.

Результаты исследования

К основным неисправностям РУ относятся: ослабление крепления картера рулевого механизма, рулевого колеса и рулевой колонки, повышенный износ деталей рулевого механизма, рулевого привода (шаровых сочленений тяг и рычагов), выкрашивание элементов зацепления рабочей пары и неправильная регулировка (чрезмерная затяжка) рулевого механизма. Структура РУ такова, что его компоненты сосредоточены в салоне (кабине), в моторном отсеке, в районе расположения ходовой части, управляемых колёс. В известной степени это затрудняет диагностирование, техническое обслуживание, ремонт РУ. К причинам трудностей диагностирования РУ также следует отнести

крайне малое количество параметров на борту автомобиля, преобразованных в электрический сигнал. По существу, это датчик поворота рулевого колеса и датчик крутящего момента на рулевом колесе. К тому же эти датчики устанавливаются не на всех РУ, а только на электрифицированных. Малое количество электрических параметров означает малое количество встроенных алгоритмов диагностирования. Поэтому до сих пор основным инструментом локализации неисправностей РУ у механиков является монтировка.

Анализ зависимости «неисправность—симптом» показывает, что подавляющее большинство неисправностей РУ приводят к увеличению свободного хода (люфта) рулевого колеса. Большой свободный ход значительно усложняет управление автомобилем, так как при этом увеличивается время, необходимое для поворота управляемых колес, что особенно опасно при большой скорости движения. Поэтому не случайно наиболее распространенный способ диагностирования (контроля работоспособности) РУ базируется на измерении свободного хода рулевого колеса, понимаемого как суммарный угол, на который поворачивается рулевое колесо под действием поочередно приложенных к нему и противоположно направленных усилий при неподвижных управляемых колесах. Известный способ диагностирования РУ автомобилей [1] включает операции измерения суммарного люфта при попеременно-противоположном воздействии на рулевое колесо (влево-вправо, к моменту начала движения управляемых колес). Суммарный люфт оценивают через измерение размаха угловых перемещений. В соответствии с определением, при измерении свободного хода необходимо одновременно контролировать три физических величины: усилие на рулевом колесе, момент начала поворота управляемых колес и собственно свободный ход в угловых градусах. В Правилах дорожного движения [2] и в ДСТУ [3] приведены нормативы допустимых значений суммарного люфта для различных категорий автомобилей. Например, для легковых автомобилей это значение равно 10° при усилии на рулевом колесе 7,35 Н. Выпускаются различные приборы для измерения люфтов, например, прибор ИСЛ различных модификаций от фирм «Техноприбор» и «Мета».

Помимо измерения суммарного люфта рулевого колеса, известен также способ диагностирования РУ путем визуального контроля относительных перемещений сопряженных компонентов.

Наряду с преимуществами способа диагностирования РУ с помощью измерения суммарного люфта рулевого колеса, к которым следует отнести простоту и доступность средств диагностирования, отсутствие требований к производственным площадям, незначительная трудоемкость диагностирования, способу присущи серьезные недостатки. Их можно разделить на две большие группы: низкая точность, обусловленная целым рядом причин и невозможность локализовать неисправности, которая лежит в самой основе способа.

Низкая точность, во-первых, является следствием необходимости фиксировать одновременно факт наличия начала поворота управляемых колес и угла поворота рулевого колеса. Погрешность двух измерений при этом суммируется. Во-вторых, отмечается, что у датчиков начала поворота управляемых колес присутствует зона нечувствительности, которая является причиной погрешности измерения люфта рулевого колеса [4]. Погрешность удваивается за счет поворота рулевого колеса «влево-вправо» и умножается на передаточное число РУ (для заднеприводных ВАЗ, например, более 20). Кроме того, замечено [5], что перед линейными зонами зависимости «угол поворота рулевого колеса – угол поворота управляемого колеса» существуют нелинейные зоны деформации, которые также негативно влияют на точность измерений люфта. Поэтому в патенте RU 0002581959 предлагается вращать рулевое колесо на углы, соответствующие крайним положениям РУ и люфт определять путем обработки диаграммы «угол поворота рулевого колеса – угол поворота управляемого колеса», причем делать эту операцию не менее трех раз. Следующий недостаток связан с наличием различных передаточных чисел в РУ автомобилей даже внутри одной группы, (например, для легковых автомобилей 12...20 [6, стр. 270]), а потому автомобиль, который имеет РУ с малым передаточным числом, например, равном 12, при нормативном суммарном люфте в 10 градусов будет иметь колебания управляемых колес на дороге в $20/12 = 1,5$ раза больше, чем такой же автомобиль, но с передаточным числом, равным 20. В результате показатели безопасности движения первого автомобиля могут оказаться недопустимыми, несмотря на то, что люфт рулевого колеса может находиться в пределах нормы. Это может привести к неправильному диагнозу – исправный автомобиль может быть признан неисправным. Данного недостатка можно избежать, если измерять свободный ход РУ со стороны управляемых колес. Надо отметить, что подобные технические предложения есть, например в [7], однако они нуждаются в совершенствовании в части локализации неисправности в рамках группы соединений. Известны попытки исключить или ослабить действие недостатков. Предложения направлены на совершенствование датчиков начала поворота управляемых колес. Некоторые авторы предлагают в качестве датчиков сдвига управляемых колес использовать

компьютерные мышки, патенты RU 2365894, 2378632. Есть также предложение использовать две компьютерные веб-камеры, одну из них укрепляют на рулевом колесе, другую – на управляемом [8]. Есть предложения [9], где угол поворота рулевого колеса фиксируется при движении автомобиля с момента движения управляемых колес в одну сторону до момента начала движения в другую сторону. При этом величину суммарного люфта определяют по углу поворота рулевого колеса между моментами появления боковых ускорений противоположного знака. Сведения о проверке этого предложения на соответствие требованиям безопасного движения отсутствуют.

Как уже было отмечено, невозможность локализовать неисправности как по группам соединений, так и индивидуально, присуща самому способу измерения свободного хода рулевого колеса. Это означает, что даже в случае, когда свободный ход рулевого колеса получен, его величина не дает представления о том, за счет которого сопряжения или группы сопряжений произошло увеличение, что объясняется особенностями структурного построения РУ. Между тем, локализация неисправностей в рамках «рулевой механизм» или «рулевой привод» необходима для планирования производства по обслуживанию и ремонту автомобиля, а также для принятия решения по обеспечению запасными частями. Поэтому предпринимались многочисленные попытки модернизации способа [10, стр. 281] с целью классификации и локализации неисправностей, но успеха они не имели. Имеется в виду, что в способе диагностики РУ с помощью измерения суммарного люфта рулевого колеса по результатам диагностирования невозможно дифференцировать люфты и локализовать неисправности отдельно в рулевом механизме и отдельно в рулевом приводе и в их компонентах. Это касается и отечественных приборов ИСЛ и импортных, например 80122 Febi Bilstein, Германия, или напольного стенда Telwin итальянского производства.

Известен также способ диагностирования сопряжений РУ путем визуального контроля относительных перемещений компонентов. Диагностирование РУ производят в составе диагностики люфтов всей ходовой части – направляющего, демпфирующего устройства подвески, крепления колес. Способ реализован в известных стендах – люфт-детекторах (play-detector) фирм МАНА (Германия), НРА (Италия) и др. От способа диагностирования посредством люфта здесь имеется существенное отличие – повторно-кратковременные силовые действия направляют не на рулевое колесо, а на управляемые колеса – на одно из них или оба сразу, что позволяет избежать ошибок, связанных с различными передаточными числами РУ на различных автомобилях. Имеются две причины, препятствующие широкому использованию соответствующих способу средств.

Первая из них заключается в том, что диагностирование проводится только визуально, без измерения угловых или линейных величин, характеризующих люфты в РУ. В этом случае результат диагностирования содержит значительную долю субъективного фактора и снижает точность диагноза. Вторая причина обусловлена самой природой данного способа диагностирования, поскольку не все компоненты РУ, такие как рулевая колонка, карданный вал, силовая передача рулевого механизма, доступны для визуального наблюдения. Это препятствует локализации неисправностей.

В 2014 г. в США был разработан способ, являющийся знаковым в диагностировании РУ [11]. Сущность способа заключается в учёте особенностей структурного построения РУ, в результате чего диагностирование осуществляют по частям. Технология диагностирования заключается в следующем: первое управляемое колесо помещают на поворотную площадку, второе управляемое колесо фиксируют. Таким образом, с первым рулевым колесом создают замкнутый информационный контур, измеряют в контуре люфт с помощью прикладывания к деталям РУ силовых воздействий. Механическую нагрузку прикладывают повторно-переменным вращением рулевого колеса и направляют её на сжатие, растяжение, скручивание компонентов рулевого привода, позволяющую в числе других параметров оценить люфты в группе сочленений рулевого привода. Затем колеса меняют – фиксируют первое управляемое колесо, второе помещают на поворотную площадку, прикладывают механическую загрузку и снова проводят измерения. Также измерения проводят на испытательной площадке при естественном положении колёс. Таким образом, получают параметры по крайней мере двух информационных контуров: первый – «рулевое колесо–рулевой механизм–рулевая трапеция–детали первого управляемого колеса»; второй – «рулевое колесо–рулевой механизм–рулевая трапеция–детали второго управляемого колеса». Разделение контуров позволяет использовать принцип триангуляции – разбиения пространства симптомов на симплексы и подтверждение результата с помощью нескольких независимых измерений. Это также способствует локализации в некоторых случаях в деталях рулевого привода отдельных управляемых колес. Результаты обрабатываются процессором с целью получения диагноза.

Основная причина, препятствующая возможности локализации неисправности заключается в том, что, во-первых, имеет место низкая точность измерения люфта в РУ. Она обусловлена действием

механической нагрузки на рулевое колесо и за начало и конец отсчета люфта принимается также крутящий момент на рулевом колесе. Между тем, как уже отмечалось, при диагностировании РУ с помощью оценки люфтов рулевого колеса возникают существенные погрешности от нелинейных участков упругой деформации в предельных зонах выбора люфта. Все это снижает точность диагноза. Во-вторых, у способа отсутствует возможность разделения неисправности рулевого механизма и рулевого привода. Несмотря на то, что, в способе используется два силовых и информационных контура, в обоих присутствуют одинаковые элементы «рулевое колесо–рулевой механизм–рулевая трапеция», поэтому разделение параметров элементов (локализация неисправностей) в этой части контура РУ невозможно.

Представленный аналитический обзор послужил предпосылкой к разработке нового способа диагностирования РУ, у которого недостатки или менее выражены или полностью отсутствуют. Была поставлена задача получить техническое решение, позволяющее при высокой точности диагноза локализовать неисправности в рамках отдельно рулевого механизма и отдельно рулевого привода. При решении задачи использовались следующие предпосылки. Процесс диагностирования РУ основывается на его структурной схеме. Здесь особенностью структуры является ее последовательно-параллельное построение. Имеется в виду, что элементы РУ от рулевого колеса к рулевой передаче (рулевое колесо, рулевая колонка, карданный вал и др.) соединены последовательно, а элементы рулевой трапеции, обеспечивающие одновременный поворот левого и правого управляемых колес, соединены и управляются параллельно. Поэтому прикладывая периодические силовые действия к контурам «управляемое колесо–рулевая передача–рулевой механизм–заблокированное рулевое колесо» представляется возможным оценить суммарные свободные ходы (люфты) в частях структуры РУ со стороны каждого из управляемых колес. В то же время силовые действия в виде периодического встречного движения на управляемые колеса при свободном рулевом колесе дают возможность оценить свободный ход (люфт) в параллельной части структуры РУ. В этом случае параллельная часть структуры оказывается изолированной от последовательной части.

По результатам трех измерений в различных частях структурной схемы РУ появляется возможность оценить люфт в рулевом механизме и в последовательных звеньях рулевого привода. Таким образом, силовые тестовые воздействия на управляемые колеса обеспечивают высокую точность диагностирования, а приложение этих воздействий в различных элементах структуры позволяют локализовать неисправность или в рулевом механизме, или в рулевом приводе в целом или в последовательных звеньях.

Технологический процесс диагностирования включает три измерения люфтов – одного в параллельной и двух в последовательных группах сопряжений. Порядок измерений произвольный, но для формулирования диагноза нужны данные всех трёх измерений. Предположим, вначале производится измерение люфта в параллельном контуре. Для этого управляемые колеса вывешивают или ставят на поворотные площадки, тестовые сигналы прикладывают к обоим управляемым колесам в виде периодического встречного движения и определяют первый результат – свободный ход между одноименными гранями левого и правого колес. Далее производят измерение люфтов в последовательных контурах, для чего рулевое колесо блокируют относительно кузова автомобиля, к первому управляемому колесу прикладывают повторно-переменные силовые воздействия, измеряют свободный ход в РУ первого колеса, принимают этот свободный ход за второй результат. Эти же действия производят со вторым колесом и получают также свободный ход – это третий результат, после чего, благодаря математической обработке трех результатов получают люфт в рулевом механизме и в последовательных звеньях рулевого привода, по которым делается вывод о наличии в них неисправностей.

Суть способа иллюстрируется на рис. 1 и 2, где изображена схема распространенного РУ. На рис. 1 представлен замкнутый силовой контур при определении свободного хода в рулевом приводе (результат 1). На рис. 2 изображен силовой контур при определении свободного хода, например, в левой части контура РУ (результат 2). Для правой части контура иллюстрация не приводится, поскольку она является зеркальным отображением рис. 2. На рис. 1 представлена схема нагрузки тестовыми сигналами и получения свободного хода в рулевом приводе (параллельный контур). Здесь в качестве нагруженных элементов выступают поворотные рычаги (поз.1, 6), рулевые тяги (поз.2, 5), рулевая рейка (поз. 3, 11). Рулевая передача 4, рулевой вал 8 и рулевое колесо 7 не нагружены. Структурная жесткость кузова, обеспечивающая постоянство расстояния между осями поворота управляемых колес, схематично показана в виде поз. 9. Свободный ход колес фиксируется измерителем 10.

Математическая обработка производится следующим образом.

Обозначим R_1, R_2, R_3 – свободный ход, который измеряется в параллельном и последовательных контурах. Соответственно $L_1, L_2, L_3 \dots$ – люфты в элементах РУ. M_1, M_2, M_3 – люфты в соответствующих звеньях, по которым проводится локализация неисправностей.

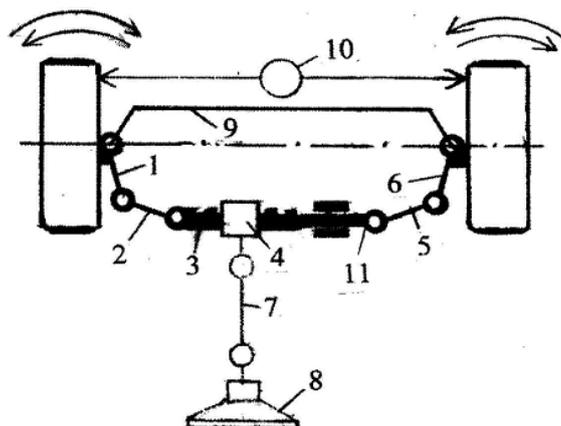


Рис. 1. Замкнутый силовой контур при определении люфта в рулевом приводе (результат 1):
 1, 6 – поворотные рычаги; 2, 5 – рулевые тяги; 3, 11 – рулевая рейка; 4 – рулевая передача; 7 – рулевой вал;
 8 – рулевое колесо; 9 – структурная жесткость кузова; 10 – измеритель размаха перемещений

Свободный ход в параллельном контуре состоит из люфтов шарниров элементов контура

$$R_1 = L_1 + L_2 + L_3 + L_{11} + L_5 + L_6 \quad (1)$$

Это результат 1. На рис. 2 дана схема нагрузки части параллельного и последовательного контура, например, для левого колеса. Здесь рулевое колесо заблокировано и элементы 4, 7, 8 нагружены. Свободный ход отражается следующим образом:

$$R_2 = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_7 + L_8 \quad (2)$$

Это результат 2. Аналогично можем получить результат 3 для правого колеса

$$R_3 = L_6 + L_5 + L_{11} + L_4 + L_7 + L_8 \quad (3)$$

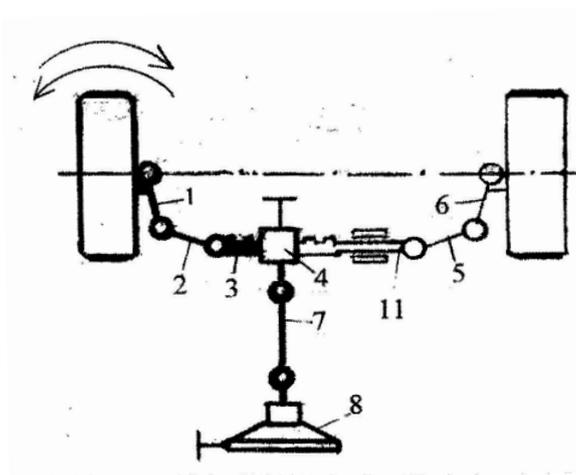


Рис. 2. Силовой контур при определении люфта, например, в левой части контура рулевого управления (результат 2 или 3)

Люфты в последовательных звеньях локализуются как один элемент, поэтому после обозначений последовательных звеньев в формулах (1)...(3) получим:

$$\begin{aligned} L_1 + L_2 + L_3 &= M_1; \\ L_{11} + L_5 + L_6 &= M_2; \\ L_4 + L_8 + L_7 &= M_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Тогда формулы (1)...(3) приводятся к виду:

$$M_1 + M_2 = R_1;$$

$$M1 + M3 = R2; \quad (5)$$

$$M2 + M3 = R3.$$

Решением системы уравнений (5) являются зависимости:

$$M1 = (R2 - R3 + R1)/2;$$

$$M2 = (R1 - R2 + R3)/2;$$

$$M3 = (R3 - R1 + R2)/2.$$

Таким образом, по результатам трех измерений $R1$, $R2$, $R3$, предоставляется возможность локализовать неисправность путем определения люфтов в трех звеньях последовательных элементов $M1$, $M2$, $M3$ (4).

Для реализации способа с получением вышеуказанного технического результата необходимо наличие двух видов технических средств - это измерители перемещений колес и средства силового повторно-переменного тестового воздействия на колеса.

Измерители перемещений колес могут быть как линейные, так и угловые, причем в случае использования линейных измерителей для получения второго и третьего результатов необходимо определиться с базовой точкой отсчета, которая может находиться как на кузове автомобиля, так и вне его. В качестве измерителей угловых перемещений могут быть применены инклинометры, акселерометры, гироскопы. Силовое повторно-переменное тестовое воздействие на колеса может быть осуществлено при помощи мускульной силы оператора, или на стенде, например, типа «люфт-детектор», имеющий в составе площадки, на которые устанавливается автомобиль управляемыми колесами. В этом случае поверх площадок стенда необходимо установить поворотные площадки, например, S110A7 RAV, производства Италия, Delux от фирмы Hofmann и др. Поворотные площадки могут быть установлены также на канаве или четырехстоечном подъемнике. Остается только организовать периодическое встречное движение для получения результата 1. Результат 2 или 3 может быть получен воздействием на колесо периодическим движением площадки при вывешенном противоположном колесе. Например, при определении свободного хода в контуре «левое колесо – рулевая передача – рулевой механизм – заблокированное рулевое колесо» левое колесо стоит на подвижной площадке, а правое колесо вывешено. Для контура с правым колесом правое колесо стоит на подвижной площадке, а левое вывешено.

С целью испытания возможностей использования данного способа нами были измерены параметры РУ некоторых автомобилей, имеющих значительные пробеги, с применением универсального оборудования. Автомобили устанавливались управляемыми колесами на поворотные площадки стенда BOSCH FWA 4410, или колеса вывешивались. Перемещения колес измерялись индикаторами часового типа MICROS 0-30 мм, цена деления 0,01 мм, момент сопротивления повороту управляемых колес в пределах люфта – динамометром с ценой деления 2Н и максимальным значением 200 Н. Данные измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Некоторые характеристики рулевых управлений

Марка автомобиля	Момент сопротивления, повороту, Нм	Люфт, мм, левое + правое колесо (R1)	Люфт, мм, левое колесо (R2)	Люфт, мм, правое колесо (R3)	Значения люфтов в звеньях
VW Golf 2,0 GT*	39,5	1,73	1,10	0,75	$M1 = 1,04;$ $M2 = 0,69;$ $M3 = 0,06;$
VW PASSAT 2,0**	26,2	1,60	1,30	1,90	$M1 = 0,51;$ $M2 = 1,10;$ $M3 = 0,80;$
RENAULT 25**	20,0	1,90	1,35	1,60	$M1 = 0,83;$ $M2 = 1,08;$ $M3 = 0,53$

Примечание: * – на поворотных площадках; ** – на вывешенных колесах.

Как следует из таблицы, у автомобиля VW Golf, следует, прежде всего, обратить внимание на люфты в последовательных звеньях М1 (левый поворотный рычаг, левая рулевая тяга), а у автомобилей VW PASSAT и RENAULT 25 диагностируются повышенные люфты в звеньях М2 (правая рулевая тяга, правый поворотный рычаг). У этих же автомобилей повышен люфт в рулевом механизме М3.

Выводы

Существующие методы диагностирования РУ не в достаточной мере обеспечивают локализацию неисправностей, включая локализацию в рамках группы последовательно соединённых сопряжений. При разработке перспективных способов диагностирования целесообразно использовать структурное построение РУ. Большой потенциал в решении этой задачи имеет прикладывание силовых воздействий к управляемым колёсам и измерение откликов в виде свободных ходов (люфтов). В частности, проведение трёх измерений даёт возможность с необходимой точностью локализовать неисправность в рамках группы последовательно соединённых сопряжений, тем самым упрощая конечную локализацию неисправного сопряжения. Опытная проверка на автомобилях VW Golf 2,0 GT, VW PASSAT 2,0, RENAULT 25, имеющих значительные пробеги, показала эффективность предложенного способа при незначительных затратах на реализацию. В связи с этим,

способ может быть использован на станциях технического обслуживания автомобилей, гаражах, ремонтных подразделениях предприятий автомобильного транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] А. В. Хабардин, «Способ диагностирования рулевого управления автотранспортных средств», МПК G01M17/06, B62D15/02 №2 437 073 C2, 20.12.2011.
- [2] Про правила дорожного руху. Документ 1306-2001-п, редакція від 04.03.2021. Розділ 31. Технічний стан транспортних засобів та їх обладнання, 31.4.2 Рульове керування. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text>.
- [3] ДСТУ 3649:2010 «Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання» Міністерство інфраструктури України наказ 26.11.2012 № 710 Про затвердження Вимог до перевірки конструкції та технічного стану колісного транспортного засобу, методів такої перевірки. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2169-12#Text>.
- [4] В. В. Попов и Н. А. Шабуни, «Способ измерения люфта в рулевом управлении транспортного средства и устройство для его осуществления», МПК G01B5/24 G01M17/06, № 2234675, 20.08.2004.
- [5] А. М. Харазов, А. И. Харланов, С. Ю. Устинов, Т. Ф. Боева и Р. В. Захарбеков, «Способ контроля люфта в рулевом управлении транспортного средства и устройство для реализации способа», МПК G01M17/06, №2129712, 27. 04.1999..
- [6] В. Л. Роговцев, А. Г. Пузанков и В. Д. Олдфильд, *Устройство и эксплуатация автотранспортных средств*, 4-е изд. М.: Транспорт, 1998, 430 с.
- [7] W Lambrecht. “Play detector for detecting play and inspecting the fastening of parts of stationary motorcars and trailers”, *U. S. Patent* 3823485, July 16, 1974.
- [8] И. М. Блянкинштейн, В. И. Иванов, С. А. Храпцов и Д. А. Храпцов, «Способ измерения суммарного люфта рулевого управления автотранспортного средства», МПК G01M17/06, № 2457457, 27.07.2012.
- [9] О. А. Тронин, И. М. Блянкинштейн и А. Н. Комратов, «Способ измерения суммарного люфта рулевого управления автотранспортного средства», G01M17/06, № 2295714, 12.02.2005.
- [10] В. Е. Канарчук, И. П. Курников, И. А. Луйк, «Теоретические основы. Технология» в *Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств*. К.: Выща шк., 1991, 359 с.
- [11] Ibrahim A. Badiru, John T. Zuzelski and Scott R. Kloess. “Methods and systems for steering system integrity testing”, *U. S. Patent* 9776657B1, 10.03.2017.

Дитятьєв Олександр Васильєвич – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: alex-dit@ukr.net.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков

Features of driving of the steering wheel driving cars

Kharkiv National Automobile and Road University

Existing methods of diagnosing steering can be characterized by low efficiency. For various reasons, both declarative and actual (supported by the equipment) methods, as a rule, have low accuracy and inability to localize faults. The car's built-in diagnostics cannot affect the situation due to the small number of sensors in the steering system. The reasons for the low accuracy of the methods include design features, low availability of components (low maintainability). Difficulties in localization of malfunctions are caused by the structural scheme which is characterized by parallel - consecutive construction. The parameters of diagnostic methods are analyzed, the proposed method is based on the structure of the steering, in the implementation of which test effects are applied to the steered wheels. In total it is necessary to carry out three measurements of backlashes and as a result of mathematical processing of results it becomes possible to localize malfunction in three links of consecutive elements of the steering mechanism or a steering drive. In accordance with this approach, steering is considered as a set of three structures - parallel and two sequential.

Rack and pinion steering was used as a model. Here, the parallel structure includes elements of the steering linkage: swing arm, left and right; steering rod, left and right; steering rack - left and right hinges. The sequential structure - left, includes a swing arm, left; steering rod, left; steering rack hinge, left; steering gear, steering shaft, steering wheel. Accordingly, the sequential structure of the right includes similar elements with the attribute "right". The structure of the steering play is considered in a similar way. As a result, it becomes possible to obtain a transformed system of three algebraic equations connecting clearances in three groups of mates and backlashes in parallel and two sequential steering structures. To measure the backlash, the turntables of the BOSCH FWA 4410 stand were used; in another version, the wheels were hung out. As a result of tests carried out on VW GOLF, VW PASSAT and RENAULT 25 vehicles with significant mileage, data was obtained indicating the need for technical interventions on localized groups of interfaces.

Key words: steering, structure, diagnostics, analysis of methods, localization of malfunctions.

Dityatyev Oleksandr – Ph. D. (Eng.), Senior Research Fellow, Associate Professor of the Department of Technical operation and service of cars, e-mail: alex-dit@ukr.net.

О. В. Дитятьєв

Особливості діагностування рульового керування автомобілів

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Існуючі способи діагностування рульового керування можна охарактеризувати низькою ефективністю. З різних причин як декларативні, так і реально існуючі (підтримувані обладнанням) способи, як правило, мають низьку точність і нездатність локалізувати несправності. Вбудоване діагностування автомобіля не може вплинути на ситуацію через малу кількість датчиків в системі рульового керування. До причин низької точності способів слід віднести конструктивні особливості, малу доступність компонентів (низьку ремонтпридатність). Труднощі в локалізації несправностей обумовлені структурною схемою, яка характеризується паралельно-послідовною побудовою. Проаналізовано параметри способів діагностики, запропонований спосіб, заснований на обліку структури рульового керування, при реалізації якого тестові впливи прикладаються до керованих коліс. Всього необхідно провести три вимірювання люфтів і в результаті математичної обробки результатів стає можливим локалізувати несправність в трьох ланках послідовних елементів рульового механізму або рульового приводу. Відповідно до цього підходу, рульове керування розглядається як сукупність трьох структур – паралельної та двох послідовних.

Як модель використовувалося рульове керування з рейковою передачею. Тут у паралельну структуру входять елементи рульової трапеції: поворотний важіль, лівий та правий; рульова тяга, ліва та права; рульова рейка - лівий та правий шарніри. У ліву послідовну структуру входять: поворотний важіль, лівий; рульова тяга, ліва; шарнір кермової рейки, лівий; рульова передача, рульовий вал, кермо. Відповідно, до послідовної правої структури входять аналогічні елементи з ознакою «правий». Структура люфтів рульового керування розглядається аналогічним чином. В результаті з'являється можливість отримати перетворену систему з трьох рівнянь алгебри, що зв'язують зазори в трьох групах сполучень і люфти в паралельній і двох послідовних структурах рульового керування. Для вимірювання люфтів використовувалися поворотні майданчики стенду BOSCH FWA 4410, в іншому варіанті колеса вивішувалися. В результаті випробувань, проведених на автомобілях VW GOLF, VW PASSAT та RENAULT 25, що мають значні пробіги, були отримані дані, що свідчать про необхідність проведення технічних дій над локалізованими групами сполучення.

Ключові слова: рульове керування, структура, діагностування, аналіз способів, локалізація несправностей.

Дитятьєв Олександр Васильович – канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: alex-dit@ukr.net.