

\*\*\*

*N. G. Penina*, Magstrand, Izhevsk State Technical University  
*Yu. V. Turygin*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University  
*N. M. Filkin*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University  
*Vladimír Rápek*, Prof. Ing., DrSc., Alexander Dubček University of Trenčín, Slovakia (Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne)

### Modelling of HEV Car

*The paper presents a review of hybrid electric vehicles (HEV), its main advantages. The parallel type of HEV and its advantages and disadvantages are considered in more detail. A schematic of parallel HEV and describing of main parts is presented. A structural control schematic is shown and main parts and its purpose are described. A HEV model in MATLAB is shown. Main model blocks, its purpose and parameters are considered.*

**Keywords:** hybrid electric vehicle (HEV), parallel electric vehicle (PEV), hybrids

Получено: 30.03.11

УДК 629.113

*G. F. Nbevdbg*, доктор технических наук, профессор;  
 □ : . *Kdłjph* , магистрант  
 Ижевский государственный технический университет

### РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ ВЕДУЩИХ МОСТОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

*Ij\_kl\_gZ kljmdlmjgZy ko\_fZ kl\_gZ ey bZghklbdb \msbo fhklh\ Zhfhpe\_c , \ hkghm  
 dhlhjh ih eh\_gZ bjhZdmklbq\_kdZy hp\_gdZ^ndlh\ bZghklbjm\_fuo fhklh\ . KnhjfmehjZgu  
 aZZqb , dhlhju\_ g\_hphbfn j\_rZlv ijb khaZgbb kj\_kl\ bZghklbdb , b hibkZg ijbgbpi jZflu  
 kl\_gZ .*

: виброакустическая диагностика, ведущий мост, стенд

Ведущий мост автомобиля является важным агрегатом при передаче крутящего момента от двигателя к ведущим колесам. Агрегаты трансмиссии должны функционировать во всех режимах эксплуатации автомобиля. Потеря работоспособности ведущего моста приводит к потере работоспособности автомобиля в целом. В связи с этим к техническому состоянию данного агрегата необходимо предъявлять повышенные требования, а также необходимо вести систематический мониторинг, дающий четкое представление о текущем техническом состоянии ведущего моста, и иметь возможность прогнозирования наступления отказа данного агрегата трансмиссии.

На сегодняшний день существуют два основных метода диагностирования технического состояния ведущих мостов автомобилей: шумовая диагностика (экспертная диагностика) и инструментальная диагностика.

Шумовая диагностика, как видно из названия, строится на изучении шума, издаваемого при работе ведущим мостом. Данный вид диагностирования носит еще название «экспертное диагностирование», так как проводится специалистом (экспертом), имеющим большой опыт эксплуатации и обслуживания автомобилей. Данный вид диагностирования дает довольно общее понятие о техническом со-

стоянии конкретного агрегата. Минус данного метода в том, что он очень субъективен – результат диагностирования (далее – диагноз) существенно зависит от квалификации эксперта, его физиологических качеств – слуха, поэтому он изначально не может быть достаточно достоверным.

Инструментальная диагностика основывается на измерении конкретных диагностических параметров ведущего моста, таких как преднатяг подшипника вал-шестерни главной передачи, зазор в зацеплении главной передачи, люфты в дифференциале, преднатяг и люфты ступичных подшипников и т. д. Данный метод предполагает применение весьма точных средств измерения. При сопоставлении диагностических параметров с допускаемыми параметрами можно вынести вполне объективный диагноз о техническом состоянии ведущего моста.

Инструментальное диагностирование имеет один существенных минус – оно подразумевает проведение каких-либо сборочно-разборочных работ. Данный факт говорит о том, что этот метод диагностирования намного дороже первого, ввиду проведения трудоемких работ по сборке-разборке агрегатов стоимость диагностирования увеличивается в связи с использованием измерительных инструментов. Как известно, каждая разборка-сборка узла отнимает до 20 % его ресурса. Это обусловлено тем, что сопрягающимся деталям требуется определенное время для новой приработки, а она сопровождается повышенным износом сопрягающихся поверхностей, т. е. ведет к уменьшению ресурса ведущего моста. Все эти процедуры требуют, помимо всего прочего, еще и больших временных затрат на диагностирование, а в условиях работы автомобиля на линии любые простои транспорта нежелательны.

Также следует отметить, что с помощью перечисленных методов нельзя достоверно прогнозировать момент наступления отказа, что наиболее важно с точки зрения эксплуатации автомобилей.

Современный уровень развития элементной базы диагностических средств позволяет ставить проблему разработки таких средств диагностики ведущих мостов автомобилей, которые, с одной стороны, давали бы более достоверную информацию о техническом состоянии агрегата, а с другой – были бы дешевле существующих на данный момент систем диагностирования и не требовали бы больших временных затрат на диагностику. Средства диагностики должны обеспечивать возможность прогнозирования наступления отказов ведущих мостов автомобилей в процессе их эксплуатации.

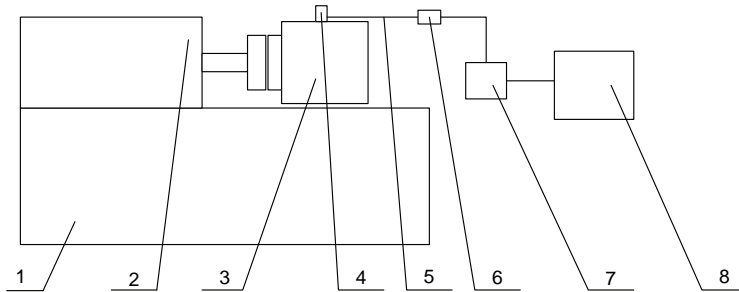
В настоящее время в Ижевском государственном техническом университете ведутся работы по созданию средств диагностики и выполнению прикладных научных исследований по отработке методики проведения диагностики, которые базируются на виброакустической оценке дефектов ведущих мостов автомобилей.

Для создания такого типа диагностического оборудования необходимо:

- разработать технические средства диагностического оборудования, структурная схема которого представлена на рис. 1;
- проанализировать влияние различных факторов и повреждений элементов конструкции ведущих мостов на их виброакустические характеристики;
- оценить степень информативности виброакустических сигналов при характерных дефектах;
- разработать методику оценки функционального состояния ведущих мостов.

В основу разрабатываемого диагностического оборудования положена следующая очевидная зависимость: изменения, которые появляются в процессе эксплуа-

тации автомобиля в подвижных сопрягаемых элементах ведущих мостов, приводят к изменению их виброакустических характеристик. Установив связь между техническими параметрами и виброакустическими характеристиками агрегата, можно делать выводы о состоянии ведущего моста и предсказывать наступление отказа. Объектом диагностического исследования является ведущий мост автомобиля ИЖ-2126.



- 1 – стенд для испытаний и обкатки ведущих мостов автомобилей;
- 2 – шпиндель стенда;
- 3 – объект исследования (ведущий мост, редуктор);
- 4 – вибропреобразователь общего назначения (виброакселерометр);
- 5 – кабель антивибрационный;
- 6 – усилитель заряда;
- 7 – АЦП (аналого-цифровой преобразователь);
- 8 – ПК (портативный компьютер).

**Рис. 1.** Структурная схема стенда виброакустической диагностики ведущих мостов легковых автомобилей

Кратко опишем принцип работы. При измерении звуковых колебаний происходит следующее: виброакселерометр преобразует обыкновенные звуковые колебания в аналоговые электромагнитные колебания. Затем происходит усиление передающихся электромагнитных колебаний. Далее – амплитудная и частотная модуляции сигнала в АЦП преобразуется в сигнал, поддерживаемый ПК. В ПК с помощью специализированного программного обеспечения проводится логическая обработка поступившего сигнала: определяется множество прямых и косвенных показателей, рассчитываются частные и обобщенные функции состояния объекта исследования, а также сравнивается обобщенная функция состояния агрегата с эталонной, что позволяет поставить диагноз технического состояния ведущего моста автомобиля.

Стенд для виброакустической диагностики дефектов ведущих мостов легковых автомобилей состоит из трех основных частей: приводной, измерительной и нагружающей. Рассмотрим подробнее каждую из составных частей.

Приводная часть – это часть, приводящая в движение объект исследования (ведущий мост легковых автомобилей). Основные составные элементы представлены на рис. 2: электродвигатель, ременная передача, шпиндель, станина, электрический блок, пневмосистема, устройство для закрепления объектов исследования.

Электродвигатель асинхронный питается от напряжения 380 В, 50 Гц. Максимальная частота вращения 1490 об/мин, потребляемая мощность 3,5 кВт. Двигатель вмонтирован в основание станины стенда, имеет устройство для натяжения ремней ременной передачи, выполненное в виде продольных салазок.

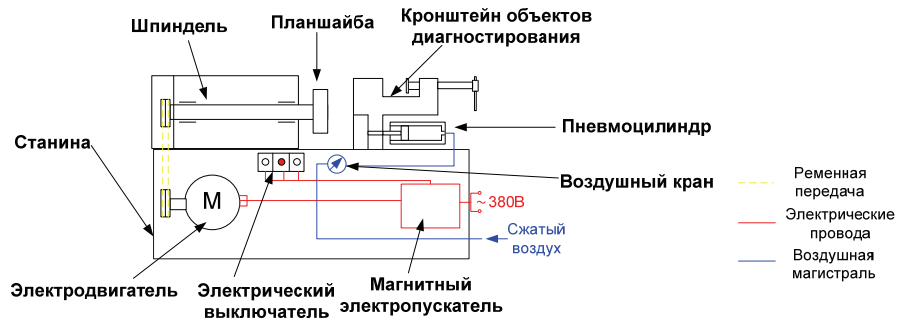


Рис. 2. Приводная часть станда виброакустической диагностики ведущих мостов легковых автомобилей

Ременная передача состоит из двух параллельных ремней. Ремни клиновидной формы профиля.

Шпиндель представляет собой полнотелый вал, установленный на двух шарикоподшипниках в передней бабке станда. На одном конце шпинделя установлен двухручейный шкив ременной передачи, на другом – планшайба, предназначенная для соединения с объектом исследования. Шпиндель смазывается разбрызгиванием с помощью специальных колец, установленных на нем.

Станина представляет собой монолитную конструкцию, выполненную в виде стола. На одной из тумб стола крепится электродвигатель, на другой – магнитный электропускатель. Столешница представляет собой металлическую плиту толщиной  $S = 100$  мм. На столешнице имеются монтажные отверстия для передней бабки и устройств закрепления объектов диагностирования. Общая масса станины превышает 500 кг.

Электрический блок состоит из выключателя, магнитного пускателя и соединительных проводов. Выключатель расположен на лицевой части станины и имеет три кнопки: «Вперед», «Назад» и «Стоп». Вращение шпинделя начинается нажатием кнопки «Вперед», кнопкой «Назад» включается реверсивное движение, нажатием кнопки «Стоп» вращение останавливается. Магнитный пускатель расположен на тумбе станины, обеспечивает питание электродвигателя, является исполнительным агрегатом электрического блока станда. Соединительные провода коммутируют элементы блока, источник питания и электродвигатель.

Пневмосистема состоит из кранов, рабочих цилиндров и соединительных магистралей. Краны осуществляют пропуск сжатого воздуха через соединительные магистрали к рабочим цилиндрам. Рабочие цилиндры через систему рычагов закрепляют объекты диагностирования.

Устройство закрепления объектов диагностирования дают возможность закреплять объекты двумя способами: крепление редукторов мостов с помощью пневмоцилиндров и крепление мостов целиком с помощью зажимов.

Измерительная часть (рис. 3) – эта часть, с помощью которой измеряют значения виброакустических характеристик объектов диагностирования.

Измерительная часть состоит из измерительного датчика – акселерометра, смонтированного в корпус, коммутатора, соединительных проводов и ноутбука со звуковой картой.

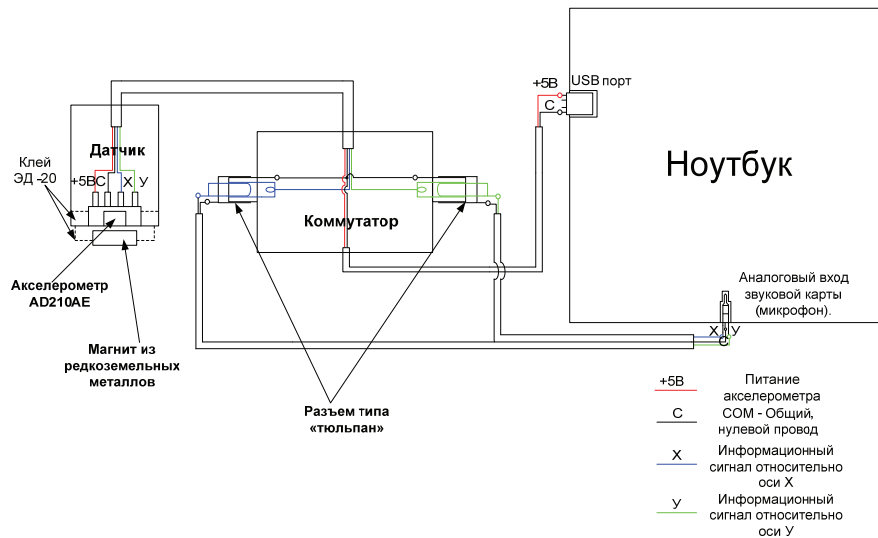


Рис. 3. Измерительная часть стенда для виброакустической диагностики ведущих мостов легковых автомобилей

Измерительный датчик представляет собой смонтированный в пластиковый корпус акселерометр марки ADXL210AE. Технические характеристики акселерометра представлены в таблице. Данный акселерометр представляет собой микросхему в герметичном корпусе размерами  $5 \times 5 \times 2$  мм, распределительной платы, позволяющей подсоединять акселерометр к компьютеру, а также осуществлять питание акселерометра. На балки, зафиксированные на подложке, подаются электрические сигналы – прямоугольные импульсы различной полярности в противофазе. При отсутствии ускорения смещение механики отсутствует и емкости равны, поэтому выходной сигнал переменного напряжения, снимаемый с подвижной пластины, также практически равен нулю (всегда присутствует малое ненулевое смещение). При наличии ускорений баланс емкостей нарушается и появляется переменный сигнал.

#### ADXL210AE

Число осей	Диапазон ускорений	Чувствительность	Выход	Частота резонанса, Гц	Напряжение питания, В	Потребляемый ток, А	Диапазон рабочих температур, °С
2	$\pm 10$ g	4 %/g	ШИМ	10	$3 \div 5,25$	$< 0,06$	$-45 \div +80$

Датчик смонтирован в пластиковый корпус с помощью эпоксидного клея, что обеспечивает надежную заделку датчика и отсутствие демпфирования датчика. Датчик прикрепляется к объекту диагностирования с помощью специального магнита из редкоземельных металлов, который дает надежное крепление датчика, за счет чего повышается точность эксперимента и помехозащищенность сигнала. Магнит также приклеен к наружной поверхности корпуса.

Коммутатор представляет собой пластиковую коробку размерами  $10 \times 10$  см, внутри которой расположены соединения проводов.

Соединительные провода состоят из двух ветвей: ветвь питания и информационная ветвь. По ветви питания от USB-порта ноутбука подается питание на акселерометр через коммутатор. По информационной ветви информационный сигнал идет от датчика к звуковой карте ноутбука.

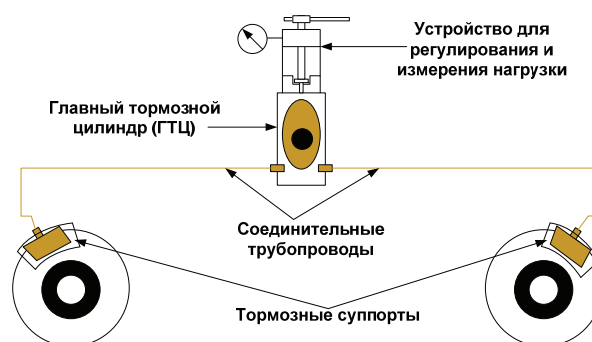


Рис. 4. Нагружающая часть стенда для виброакустической диагностики ведущих мостов легковых автомобилей

Нагрузочная часть стенда представляет собой штатные дисковые тормозные механизмы, используемые в автомобиле. Нагрузочная часть (рис. 4) состоит из рабочих тормозных элементов – суппортов, главного тормозного цилиндра (ГТЦ), устройства, позволяющего регулировать тормозные усилия (в нашем случае нагрузку), и соединительных магистралей.

В заключение следует отметить, что в процессе экспериментов планируется накопление статистических данных, используя которые можно будет прогнозировать наработку агрегата до отказа. В перспективе подобный подход к диагностике заднего ведущего моста автомобиля можно будет реализовать в бортовой системе диагностики трансмиссии автомобиля. Подобно существующим сейчас системам бортовой диагностики, например, двигателей, топливной системы, системы климат-контроля, антиблокировочных систем торможения, автоматических коробок переключения передач и т. п., предлагаемая система сможет самостоятельно оценивать техническое состояние агрегатов трансмиссии и прогнозировать наиболее вероятный момент наступления отказа с выводом на дисплей компьютера сообщения о состоянии узлов трансмиссии.

\*\*\*

*N. M. Filkin*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University  
*A. A. Skvortcov*, Magstrand, Izhevsk State Technical University

#### The Development of a Tester for Vibroacoustic Diagnostics of Defects of a Car Driving Axle

*The schematic diagram of a tester for vibroacoustic diagnostics of a car driving axle is presented. The research problems to be solved in the process of diagnostic aid creation are formulated, and the principle of the tester functioning is described.*

**Keywords:** vibroacoustic diagnostics, driving axle, diagnostic tester

Получено: 06.05.11