

УДК 621.113-592.004.58

ТЕХНОЛОГИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН

Инж. ОПАНОВИЧ В. А., докт. техн. наук, доц. КАРПИЕВИЧ Ю. Д.

Белорусский национальный технический университет

Ныне роль автомобильного транспорта возрастает, а удовлетворение в перевозках во многом зависит от технического состояния автомобилей. В свою очередь повышение технической готовности автомобильного парка трудно обеспечить без четкой и обоснованной организации технического обслуживания и ремонта.

Своевременное выявление неисправностей, их устранение силами и средствами автотранспортных предприятий позволит существенно повысить техническую скорость движения автомобилей и увеличить их производительность без дополнительного расхода топлива. Однако несвоевременное выявление неисправностей и неудовлетворительное техническое обслуживание автомобилей влекут за собой не только значительные материальные потери, но и по-

вышенную опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Автомобильный транспорт является наиболее опасным из всех видов транспорта. Данные статистики показывают (табл. 1), что опасность при использовании автомобилей значительно превышает опасность других видов транспорта.

Таблица 1

Относительная опасность видов транспорта

Вид транспорта	Количество погибших в расчете на 1 млрд пас.-км перевозок
Автомобильный	16,0
Воздушный	8,5
Железнодорожный	1,2

Основной причиной возникновения дорожно-транспортных происшествий является неудовлетворительное техническое состояние автомобилей. От 15 до 20 % дорожно-транспортных происшествий является следствием технических неисправностей подвижного состава.

Проверка показала, что из-за низкого качества контроля механизмов и узлов, определяющих безопасность движения, на линии оказались: 77 % автомобилей с неисправными тормозами; 51 % – с дефектами рулевого управления; 88 % – с неисправностями ходовой части.

К основным причинам, обуславливающим технические неисправности автомобилей, относятся: низкое качество и неполный объем технического обслуживания и ремонта подвижного состава; недостаточный и несистематический контроль технического состояния.

Как свидетельствуют данные, приведенные в табл. 2, а также результаты многочисленных исследований [1], наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий приходится на неисправности тормозной системы.

Таблица 2

Распределение причин дорожно-транспортных происшествий по агрегатам и системам автомобиля

Наименование агрегатов и систем автомобиля	Соотношение дорожно-транспортных происшествий, %		
	Республиканские и областные центры	Рабочие поселки и города	Областные и местные дороги
Тормозная система	61	53	45
Рулевое управление	11	12	16
Приборы освещения	11	17	17
Шины	7	8	8
Прочие	10	10	14

Из-за несовершенства контрольных работ, которые составляют около 30 % технического обслуживания, автомобили часто эксплуатируются с невыявленными, а следовательно, и неустраненными неисправностями тормозной системы [1].

Это обуславливает высокое рассеивание ресурса агрегатов, механизмов и отдельных деталей тормозов автомобиля.

Необходимо также отметить, что техническое состояние автомобиля определяется не

только качеством его конструкции и изготовления, но и дорожными, транспортными, атмосферно-климатическими условиями, а также культурой эксплуатации и обслуживания.

В зависимости от изменения условий и начальных показателей автомобиля его работоспособность и пробег до предельного состояния изменяются в широких пределах. Поэтому повышение эксплуатационной надежности автомобилей, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт, обеспечение безопасности дорожного движения возможны только при своевременном и объективном определении технического состояния различных узлов, агрегатов и систем автомобиля путем их диагностирования.

Применительно к задачам, решаемым в процессе технической эксплуатации подвижного состава, под диагностированием понимают определение технического состояния данного механизма или данной системы без их разборки и формирования заключения о потребности в ремонте или профилактике, способных обеспечить исправность автомобиля в пределах заданного межконтрольного пробега, а также управление технологическими процессами обслуживания и ремонта автомобилей.

При внедрении диагностирования в технологические процессы технического обслуживания наблюдаются снижение затрат при текущем ремонте на 8–12 %, сокращение расхода запасных частей на 10–12 %, топлива на 2–5 % и повышение коэффициента технической готовности на 3–5 %.

Техническая диагностика является качественно отличающейся, более совершенной системой контрольных работ. Ее наиболее характерными положительными особенностями являются: объективность и достоверность оценки технического состояния сложных агрегатов и механизмов автомобиля, возможность определения параметров их эффективности, наличие условий для оперативного управления техническим состоянием автомобилей путем оптимизации режимов контроля и выявления индивидуальной потребности в ремонте и профилактике.

Необходимость внедрения технической диагностики автомобилей в практику работы автотранспортных предприятий обусловлена,

с одной стороны, стремлением к уменьшению материальных затрат в сфере их технической эксплуатации, с другой – возможностью индивидуального управления техническим состоянием автомобилей при помощи диагностической техники.

В табл. 3 приведена степень охвата систем автомобиля диагностированием.

Таблица 3

**Степень охвата систем автомобиля
диагностированием**

Системы автомобиля	Соотношение, %	
	Диагностируемых	Недиагностируемых
Двигатель и его системы	29	71
Электрооборудование	33	67
Трансмиссия	55	45
Ходовая часть	12	88
Рулевое управление	51	49
Тормозная система	39	61

Объективный контроль технического состояния подвижного состава с применением внешних средств диагностирования обеспечивает совместное решение задач проверки исправности агрегатов, узлов, систем автомобиля и локализацию обнаруженных неисправностей. Практически все внешние средства диагностирования проектируются в расчете на сопоставление с соответствующими нормативами достаточно представительной совокупности диагностических параметров. Они должны обеспечивать определение места, характера неисправности и проверку ее устранения путем регулировок и нетрудоемких замен непосредственно на диагностическом посту или стенде.

Внешние средства диагностирования на постах или линиях объединяются в комплексы, основу которых составляют роликовые, как правило, силовые стенды для проверки агрегатов, узлов и различных систем автомобиля.

Достоверность диагноза весьма высока и достигает 85–95 %.

Однако в настоящее время диагностическими комплексами оборудовано только 20 % автотранспортных предприятий. Большая часть автомобильного парка эксплуатируется без надлежащего диагностирования.

Таким образом, в настоящее время диагностика на предприятиях автомобильного транс-

порта используется одновременно как инструмент выявления неисправностей и контроля персоналом ОТК качества выполняемых работ и как источник информации о состоянии автомобилей для централизованного управления и планирования объема и номенклатуры работ по техническому обслуживанию и ремонту, а также по подготовке производства.

В перспективе диагностика должна стать информационной базой прогнозирования остаточного ресурса автомобилей, а также позволит широко автоматизировать поиск неисправностей и постановку диагноза, что в сочетании с повышением контролепригодности перспективных автомобилей даст возможность при минимальных трудовых затратах осуществить с высокой достоверностью контроль за их техническим состоянием.

Внедрение в конструкцию автомобиля микропроцессорных систем управления качественно изменяет его как объект диагностирования и существенно усложняет проведение технического обслуживания и ремонта. Эффективное и безопасное управление узлами и агрегатами автомобиля возможно лишь при условии технически исправного состояния как системы, так и объекта управления, что предполагает наличие методов и технических средств диагностирования, способных своевременно выявлять возможные неисправности [1].

Именно стремление снять указанные ограничения стимулировало у нас и за рубежом разработку бортовых систем контроля и диагностирования автомобилей.

Определенный интерес представляет классификация диагностических систем в зависимости от места размещения технических средств диагностирования по отношению к автомобилю, которая приведена на рис. 1.

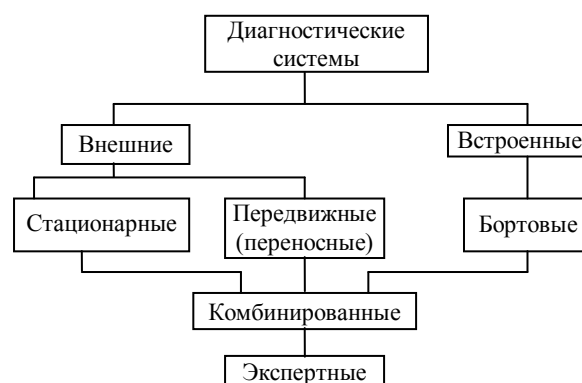


Рис. 1. Классификация диагностических систем автомобилей по расположению технических средств диагностирования

Внешние системы диагностирования (стационарные и передвижные) обладают рядом преимуществ – исключено влияние на процесс диагностирования дорожных, транспортных и природно-климатических условий, имеется возможность многократного повторения операций диагностирования, реализации сложных, продолжительных по времени алгоритмов, использование в составе систем мощных стационарных ЭВМ, возможность накопления и длительного хранения больших объемов диагностической информации. Однако такие системы не позволяют своевременно выявлять внезапные и несистематические отказы, что отрицательно сказывается на безопасности движения, а в силу плано-предупредительного или эпизодического характера диагностических работ недостаточно эффективны и при выявлении постепенных отказов. Поэтому в последнее время все больший интерес проявляется к бортовым системам диагностирования, в которых технические средства диагностирования являются элементом конструкции автомобиля. Однако имеют место и комбинированные системы диагностирования, предполагающие совместную работу бортового и стационарного диагностического оборудования. Но по мере развития электроники, создания малогабаритных, дешевых, обладающих высоким быстродействием микропроцессоров и датчиков, легко интегрирующихся с электронными цепями, центр тяжести в этих системах будет постоянно смещаться в сторону бортового диагностического оборудования [1].

Необходимость создания подобных систем вызвана тем, что у большинства автомобилей при проведении диагностических работ отмечаются значительные отклонения параметров, характеризующих техническое состояние транспортного средства до проведения диагностических работ, т. е. оно эксплуатируется в недопустимых режимах, что отрицательно сказывается на безопасности движения, экономических, экологических и других показателях. С другой стороны, часть автомобилей, находящихся в технически исправном состоянии, в соответствии с графиком проведения регламентных работ подвергается преждевременно-

му диагностированию, т. е. очевидны необоснованные трудовые и материальные затраты.

Как известно, любая система бортового диагностирования образуется за счет взаимодействия технических средств диагностирования и объекта диагностирования. Общая структурная схема микропроцессорной системы управления и бортового диагностирования автомобилей показана на рис. 2.

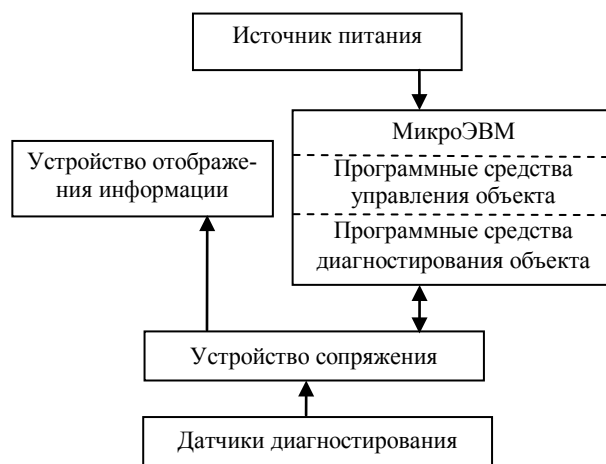


Рис. 2. Структурная схема микропроцессорной системы управления и бортового диагностирования автомобилей

Эта система выполняет одновременно управляющие и диагностические функции с помощью одной микроЭВМ и имеет общую аппаратную часть. Она является составной частью (модулем) комплексной управляющей, диагностической и информационной системы автомобиля. Такой концептуальный подход к общей структуре комплексной системы позволит при проектировании использовать модульный принцип ее построения.

В процессе определения технического состояния микропроцессорная система реализует некоторый алгоритм (рис. 3), представляющий собой опрос датчиков диагностирования и сравнение полученных значений информационных сигналов с константами технически исправного объекта диагностирования, внесенными в память микроЭВМ, а также правил последовательности выполнения и анализа этих проверок. Если в результате обработки этой информации K -й элемент оказывается исправным, то признаку неисправности (m) присваивается необходимое значение и формируется соответствующее диагностическое сообщение [1].

Сложность задач, стоящих перед бортовыми диагностическими системами, определяется тем, что анализ и прогнозирование изменения технического состояния производится в эксплуатационных условиях, которые характеризуются невозможностью или сложностью получения необходимой информации [1].

Это влечет за собой повышение требований к выбору диагностических параметров, обоснование и разработку алгоритмов диагностики, учитывающих широкий диапазон режимов эксплуатации и вариации начальных показателей системы, жесткие требования к элементной базе диагностических систем.



Рис. 3. Укрупненная блок-схема алгоритма бортового диагностирования технических средств и объекта диагностирования

Проведенные исследования показывают, что современный уровень измерительной техники и микроэлектроники предоставляет необходимые средства для решения всех уровней задачи разработки систем бортового диагностирования: от контроля достаточно представительной совокупности параметров до реализации алгоритмов их обработки и формирования указаний директивного и рекомендательного характера водителю непосредственно в процес-

се дорожного движения. Основные трудности связаны не с этапом технической реализации бортовых средств, а с поиском новых возможностей получения и использования диагностической информации, с формализацией условий оптимальности режимов движения автомобиля и работы его агрегатов.

Бортовые средства диагностирования обеспечивают поддержание автомобиля в технически исправном состоянии, снижают их простои, стоимость технического обслуживания и ремонта, позволяют более рационально использовать внешние средства диагностирования и рабочее время водителей и ремонтных рабочих.

В условиях значительного усложнения конструкции современных автомобилей возрастает роль качества проведения регулировочных работ и технического обслуживания, влияющих на эксплуатационную надежность узлов и агрегатов и на безопасность движения.

Эффективным способом решения проблемы повышения качества проведения технического обслуживания и ремонта, а также эксплуатационной надежности автомобилей является диагностирование их технического состояния. Удельная трудоемкость диагностирования автомобилей сравнительно большая, что является следствием как низкой контролепригодности, так и несовершенства существующих методов и средств.

Все перечисленные выше проблемы могут решаться за счет непрерывного контроля технического состояния автомобиля при помощи бортовых микропроцессорных систем диагностирования. Создание бортовых систем диагностирования целесообразно производить одновременно с разработкой микропроцессорных систем управления, что позволяет при помощи одних и тех же технических средств обеспечить выполнение задачи как управления, так и диагностирования автомобиля.

Таким образом, бортовое диагностирование технического состояния автомобиля в настоящее время актуально.

К средствам диагностирования предъявляют ряд следующих требований. Они должны обладать [2]:

- высокой точностью измерения и преобразования информации;
- высокой надежностью;
- стабильностью работы в заданных условиях при широком диапазоне изменения параметров окружающей среды (давления, температуры, влажности);
- высокой механической и электрической прочностью, термической, химической и радиационной стойкостью;
- способностью выдерживать расчетные кратковременные и длительные линейные, угловые и вибрационные перегрузки (в том числе синусоидальные вибрации с широким диапазоном частот и амплитуд ускорения);
- возможностью сохранения работоспособности в широком диапазоне питающего напряжения и иметь защиту от перенапряжений, а также от включения питания неверной полярности;
- необходимым временем готовности и долговечностью;
- минимальными габаритами и массой;
- простотой, технологичностью и экономичностью конструкции;
- высокими эксплуатационными характеристиками (удобством в обращении, возможностью длительного хранения, ремонтпригодностью).

Рассмотрим некоторые современные технические средства, применяемые при диагностировании различных механизмов мобильных машин.

Эндоскопы используются для визуального контроля состояния камеры сгорания, впускных и выпускных клапанов, поверхностей поршня и цилиндра двигателя и других труднодоступных мест.

Стробоскопы предназначены для проверки правильности установки угла опережения зажигания, контроля работы центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания бензиновых двигателей и для измерения угла опережения впрыска топлива на автомобилях с дизельными двигателями.

Современные стробоскопы имеют цифровой дисплей. Синхронизация вспышки, как правило, осуществляется от индукционного датчика. Приборы наделены функцией регулируемой задержки.

Модернизированные устройства позволяют определять напряжение бортовой сети, частоту вращения коленчатого вала двигателя.

Цифровые бесконтактные термометры позволяют измерять температуру различных поверхностей, например головки цилиндров, тормозных дисков и накладок и т. д. Измерение температуры осуществляется дистанционно по интенсивности инфракрасного излучения. Современные приборы снабжены оптической системой и лазерной подсветкой. Диапазон измерений в них изменяется в пределах от минус 32 до 535 °С.

Для диагностирования электронных автомобильных систем широко используются сканеры, которые бывают съемными и программно-аппаратными.

В съемных сканерах связь с тестируемой системой осуществляется через цифровую шину диагностического разъема. Например, для сканера типа Tech 2 программное обеспечение записывается на карте PCMCIA емкостью 32 МВ. Обновление программного обеспечения производится посредством перепрограммирования программной карты либо путем ее замены.

Программно-аппаратные сканеры оснащаются современным программным обеспечением. Они выполняются с возможностью поддержания CAN-протокола.

Мотор-тестеры используются для диагностирования двигателей внутреннего сгорания, проверки системы зажигания, определения формы электрических импульсов с различных датчиков и исполнительных устройств двигателя. Они являются многоканальными цифровыми осциллографами с набором специальных функций, на которых обработка информации происходит при помощи одного либо нескольких процессоров. Известны устройства: АВТОАС-ПРОФИ-2 – компьютерный мотор-тестер российского производства, Vision Premier – программно-аппаратный мотор-тестер, MTS 5100 и др.

Для диагностирования двигателя, а также измерения сигналов и визуального анализа формы сигналов в электронных и электрических системах автомобиля применяются портативные мотор-тестеры / сканеры Vision-2000 [2].

Широко используются интеллектуальные сканеры, поддерживающие обмен данными по

протоколам OBD II или EOBD. Связь с тестируемой системой осуществляется через цифровую шину диагностического разъема. Программное обеспечение устройства записывается во внутренней флэш-памяти емкостью 32 МВ.

Для проверки аккумуляторных батарей и бортовой сети автомобиля, систем пуска и зарядки используются тестеры, выполненные на основе специализированного микропроцессора. Информация сохраняется в памяти, она может быть выведена на дисплей и распечатана на принтере.

В качестве примера технических средств, используемых для диагностирования электрооборудования, можно отметить: FF 310 – комплект для локализации мест повреждения электропроводки автомобиля; Sabre HP, Accurasy⁺ – тестеры аккумуляторных батарей и бортовой сети автомобиля.

Для измерения параметров и проверки цепей в электрических и электронных системах автомобиля применяются автомобильные мультиметры.

Универсальный сканер типа Axhone-2000 предназначен для диагностирования электронных систем грузовых автомобилей и автобусов. Диагностируемые электронные системы должны поддерживать обмен данными по протоколам OBD II или EOBD и CAN-ISO 11898. Обновление программного обеспечения может осуществляться от компакт-диска либо через Интернет напрямую с сайта производителя.

Модернизированный сканер типа Axhone-2000 Track снабжен измерительным модулем (осциллограф, мультиметр, измерение давлений), модулем диагностирования линий связи (CAN, VAN, LIN), модулями связи с персональным компьютером и подключения к Интернету для обновления программного обеспечения [2].

Для контроля и регулировки токсичности отработавших газов применяются газоанализаторы. Основываясь на показаниях прибора о количественном содержании компонентов в отработавших газах, можно производить необходимые регулировки для получения оптимального соотношения мощности и экономичности, оценить состояние клапанов цилиндропоршневой группы и сделать вывод о необходимости ремонта.

Кроме того, правильно отрегулированные системы топливоподачи и зажигания при исправном двигателе дают минимальный выброс вредных веществ в атмосферу. На потребительский рынок поставляются устройства BOSCH ETT 8.71, МЕТА, ИНФРАКАР-4 и др.

В системах контроля давления воздуха в шинах используются устройства, работающие на радиочастотах, стандартизованных для использования в системах контроля давления. Устройства предназначены для программирования и диагностирования таких систем. С помощью приборов можно активизировать колесные датчики давления. Устройства позволяют считывать идентификационные данные датчиков, место их расположения и величину текущего давления. Приборы снабжены жидкокристаллическим дисплеем и имеют автономное питание.

Для решения широкого круга задач по оценке состояния машин и прогнозирования их остаточного ресурса широко используются комплексные посты диагностирования, а также центры сервисного обслуживания.

Механические передачи трансмиссий АТС представлены зубчатыми, шлицевыми, шпоночными, карданными и подшипниковыми сопряжениями.

Их износ приводит к увеличению суммарных угловых зазоров в механизмах передачи, повышению шума и вибраций, нарушению плавности в работе, изменению температуры. Диагностирование трансмиссий автомобильной и тракторной техники осуществляется по параметрам зубчатых зацеплений, фрикционных элементов, синхронизаторов, подшипников и элементов привода [2].

В качестве диагностических параметров механических передач используют: суммарный угловой зазор передачи; угловые зазоры отдельных пар передачи; векторы нагрузочных реакций на опоры валов; кинематическую неравномерность (отклонения передаваемого момента за один оборот вала передачи); интенсивность изменения температуры во времени; виброакустические сигналы, генерируемые передачей во время ее работы (уровень и спектр акустического шума, уровни и спектры параметров вибраций: виброперемещения, виброскорости и виброускорения; накопленные часто-

ты, четные гармоники, зубцовые частоты, циклические частоты).

Ресурс трансмиссий во многом определяется состоянием зубчатых зацеплений. Величина суммарного углового зазора характеризует боковой износ зубьев, а кинематическая неравномерность вращения вала – наличие единичных дефектов зубьев. Для определения этих параметров применяются инструментальные методы (посредством угломера и динамометрического ключа), трудоемкость которых, однако, достаточно высока. Сложность конструкции трансмиссий является одной из причин того, что к настоящему времени отсутствуют эффективные методы и алгоритмы их диагностирования, основанные на использовании компьютерных средств и информационных технологий [2].

Изменение суммарных угловых зазоров зависит от наработки, т. е. времени эксплуатации. При значительной наработке, превышающей предельные значения, наступает период прогрессирующего износа сопряжений, когда угловые зазоры механических передач увеличиваются в 6–15 раз. Предельные значения суммарного углового зазора зависят от количества сопряжений и находятся в пределах 20° – 80° [2].

Суммарный боковой зазор является интегральным показателем и не дает полного представления о техническом состоянии отдельных сборочных единиц и сопряжений. Превышение значения суммарного бокового зазора предельных величин свидетельствует о необходимости диагностирования отдельных сборочных единиц.

В зависимости от значений боковых зазоров по специальным формулам рассчитывают соответствующие угловые зазоры (люфты).

Боковые зазоры для шлицевых соединений определяют исходя из диаметров шлицевого вала, зубчатых цилиндрических – по модулю и числу зубьев, а зубчатых конических – по модулю, числу зубьев, значениям межцентрового и среднего конусного расстояний.

Предельные значения суммарного углового зазора для сборочных единиц определяют суммированием предельных значений для отдельных сопряжений.

Такие параметры, как кинематическая неравномерность, интенсивность изменения температуры при постоянном нагрузочном и ско-

ростном режимах, генерируемые в процессе работы сборочной единицы виброакустические сигналы, используются для определения работоспособности данной сборочной единицы [2].

Кинематическая неравномерность проявляется в отклонении передаваемого момента за один оборот вала механической передачи. Интенсивность изменения температуры сборочной единицы характеризует механические потери в ней. При анализе виброакустических сигналов измеряют частоты и амплитуды звуковых колебаний, полученных сборочной единицей в процессе эксплуатации, и сопоставляют эти значения с эталонными. Недостатком такого метода является сложность отделения полезных сигналов от помех, создаваемых различными подвижными сопряжениями контролируемого объекта.

Для оценок накопленных дефектов в механических передачах и прогнозирования на этой основе их ресурса используют результаты анализа смазок.

Для получения более точного диагноза сборочные единицы трансмиссии диагностируются и по другим параметрам, характеризующим их техническое состояние. Так, сцепление диагностируется по свободному ходу педали (25–45 мм), полноте включения и выключения его.

Карданный вал проверяется на биение, значение которого не должно превышать 2 мм. Работоспособность гидромеханических передач оценивают по давлению масла в главной магистрали на различных режимах; температуре масла; давлению масла во фрикционных и др.

ВЫВОД

Появление перспективных методов сбора, анализа и передачи информации, увеличение возможностей бортовых компьютеров и средств микропроцессорной техники стимулировало процессы создания перспективных диагностических систем, построенных на основе новых информационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпиевич, Ю. Д. Бортовое диагностирование тормозных систем автомобилей / Ю. Д. Карпиевич. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – 220 с.