

ЛЕКЦИЯ 7.

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Тема 7.1. Определение понятий – «диагностика» и техническая диагностика состояния автомобилей.

Цель и задачи диагностики. Диагностика в системе контроля технического состояния автомобилей. Режимы диагностирования, прогнозирование исправной работы.

Общим назначением контрольно-диагностических работ является получение информации о техническом состоянии автомобиля, его отдельных агрегатов, узлов и деталей для принятия решения по технической эксплуатации автомобиля.

Достоверная информация позволяет принимать оптимальные решения о технических воздействиях на конкретный узел и агрегат автомобиля и этим обеспечивает повышение эффективности работы технической службы и автомобильного транспорта.

Контрольно-диагностические работы составляют примерно 30% трудоемкости ТО и вместе с регулировочными работами включают 17 – 20% трудоемкости ТР автомобиля. Кроме того, высока трудоемкость этих работ при ремонте отдельных узлов и агрегатов. Однако важнейшим является то, что потребность в ремонте, а также в регулировочных работах ТО выявляется по результатам контрольно-диагностических работ, то есть практически весь объем технических воздействий определяется качеством этих работ. Поэтому развитие всей системы ТО и ремонта автомобилей в настоящее время направлено на совершенствование методов и средств технической диагностики.

Техническая диагностика – область знаний, изучающая и устанавливающая признаки неисправного состояния автомобиля, а также методы и принципы прогнозирования ресурса исправной работы без разборки узла, агрегата, системы автомобиля.

По ГОСТ 20911 – 89 техническое диагностирование – определение технического состояния объекта. Задачи технического диагностирования – контроль технического состояния, поиск места и определение причин отказа (неисправности).

Техническое диагностирование является эффективным средством управления надежностью машин в эксплуатации. Теоретические основы диагностирования машин заложены в научной дисциплине, называемой

«Диагностикой». Между технической диагностикой и теорией надежности существует тесная взаимосвязь. Диагностика обеспечивает необходимую информационную базу для управления работоспособностью и надежностью машин. В свою очередь, одно из свойств надежности – ремонтпригодность – характеризует приспособленность объекта (машины и ее составных частей) к диагностированию.

Техническая диагностика автомобилей – раздел эксплуатационной науки, в котором изучаются, устанавливаются и классифицируются отказы и неисправности агрегатов и узлов и симптомы этих отказов и неисправностей, а также разрабатываются методы и средства для их выявления с целью определения необходимых профилактических и ремонтных воздействий на объект для поддержания высокого уровня его надежности и прогнозирования ресурса его исправной работы. При этом сказано, что диагностирование – это процесс определения и оценки технического состояния объекта без его разборки по совокупности обнаруженных диагностических симптомов.

В общем процессе диагностирования можно выделить три этапа. Первый этап технической диагностики заключается в анализе информации о надежности автомобилей, проведении эксплуатационных исследований процессов изменения технического состояния объектов.

На втором этапе на основании инженерного анализа определяют допустимые и предельные отклонения параметров технического состояния объектов, выбирают методы диагностирования, комплектуют диагностическую систему необходимым оборудованием, производят оценку технического состояния объекта.

Третий этап диагностирования – прогнозирование – заключается в том, что на основе закономерности изменения технического состояния предсказывают поведение объекта в будущем, делают заключение об ожидаемом ресурсе основных элементов, устанавливают периодичность их замены, регулировки и т.д.

По ГОСТ 20911 – 89 прогнозирование технического состояния – определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени. Целью прогнозирования технического состояния может быть определение с заданной вероятностью интервала времени (ресурса), в течение которого сохранится работоспособное (исправное) состояние объекта или вероятности сохранения работоспособного состояния объекта на заданный интервал времени.

Прогноз определяется как вероятностное научно обоснованное суждение о перспективах, возможных состояниях того или иного явления в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их осуществления.

В настоящее время разработаны несколько направлений по выявлению закономерностей изменения диагностических параметров. Под прогнозированием также понимают определение срока исправной работы автомобиля до возникновения предельного состояния, обусловленного технической документацией. При постановке диагноза определяется, сможет ли автомобиль исправно работать до очередного ТО или ремонта, то есть практически прогнозирование состоит в назначении периодичности ТО (диагностирования) или определении наработки до очередного ремонта и определении упреждающих диагностических нормативов. При этом основная задача диагностирования заключается в получении максимального эффекта по заранее выбранному критерию.

В процессе эксплуатации происходит непрерывное изменение технического состояния автотранспортных средств, их узлов, агрегатов, деталей вследствие протекания различных процессов старения (изнашивания, усталостных явлений, коррозии и т.д.). При этом происходит изменение диагностических параметров. Выявление закономерностей изменения диагностических параметров, а следовательно, и прогнозирование технического состояния автомобиля (его узлов, агрегатов, деталей) позволит повысить эффективность его использования (позволит дать рекомендации по повышению надежности, по обоснованию диагностических параметров и нормативов, по разработке методов и средств технического диагностирования, по корректировке периодичности и номенклатуре работ по техническому обслуживанию и т.д.).

Диагностирование данного объекта (автомобиля, агрегата, механизма) осуществляют согласно алгоритму (совокупности последовательных действий), установленному технической документацией. Комплекс, включающий объект, средства и алгоритмы, образует систему диагностирования.

Объект системы диагностирования характеризуется необходимостью и возможностью диагностирования. В свою очередь, необходимость диагностирования автомобиля определяется закономерностями изменения его технического состояния и затратами на поддержание работоспособности. Возможности диагностирования обусловлены наличием внешних признаков, позволяющих определить неисправность автомобиля без его разборки, а также доступностью измерения этих признаков.

Средствами диагностирования служат специальные приборы и стенды. Они делятся на внешние (отдельные) и встроенные, являющиеся составной частью автомобиля. При диагностировании используют не только измерительные технические средства, но и субъективные возможности человека, его органы чувств, опыт, навыки; в простейших случаях используют субъективное диагностирование, в сложных – объективное.

Системы диагностирования (рис. 1) делятся на функциональные, когда диагностирование проводят в процессе работы объекта, и тестовые, когда при измерении диагностических параметров работу объекта воспроизводят искусственно. Различают системы универсальные, предназначенные для нескольких различных диагностических процессов, и специальные, обеспечивающие только один диагностический процесс.

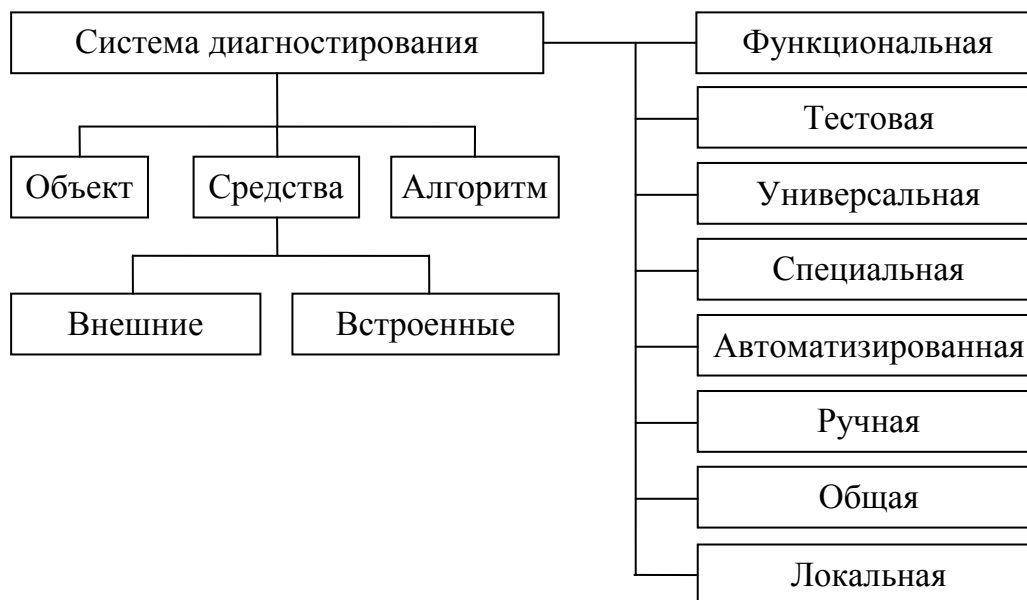


Рис. 1. Структура разновидностей систем диагностирования

Диагностические системы могут быть общие, когда объектом является изделие в целом, а назначением – определение его состояния на уровне «годно - негодно», и локальные – для диагностирования составных частей объекта (агрегатов, систем, механизмов). Кроме того, диагностические средства могут быть ручными или автоматизированными (автоматическими).

Под прогнозированием технического состояния автомобиля понимают определение срока его исправной работы до возникновения предельного состояния, обусловленного нормативно-технической документацией (стандартами, отраслевыми нормативами, заводскими инструкциями). Оценку технического состояния объекта в прошлом (например, для выявления причины аварийного отказа, повлекшего за собой дорожно-транспортное происшествие) называют ретроспекцией (рис. 23).

Практические задачи прогнозирования или ретроспекции решают, пользуясь известными закономерностями изменений параметров технического состояния объекта в функции наработки (пробега) путем соответственно их экстраполяции или интерполяции.

Различают диагностирование периодическое и непрерывное. Первое осуществляют через определенные периоды наработки объекта перед ТО или ремонтом автомобиля, второе – при помощи встроенных на автомобиле диагностических средств, в процессе его эксплуатации.

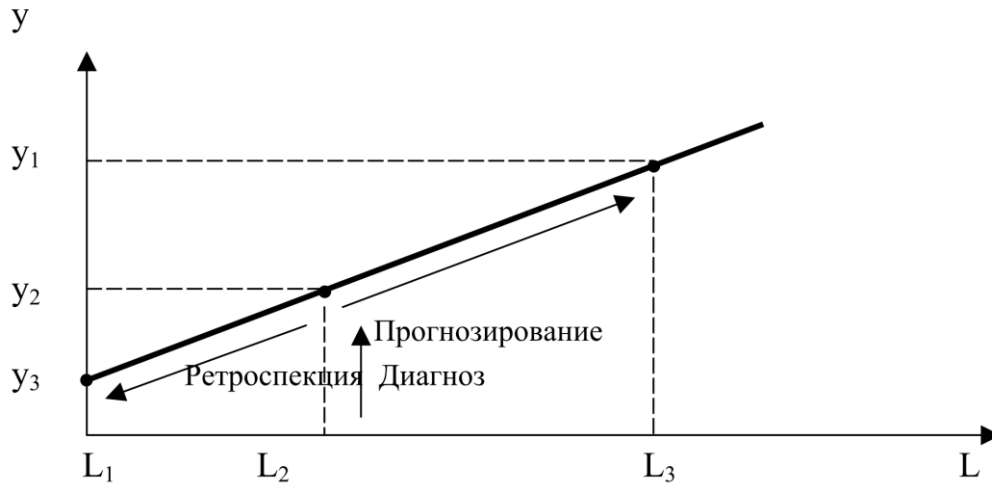


Рис. 2. Схема определения технического состояния объекта

Тема 7.2. Характеристики диагностических параметров. **Объекты, средства и алгоритмы диагностирования.**

Условия эффективности применения диагностирования. При ТО и ремонте автомобилей используют два вида информации: статистическую (надежностную) и индивидуальную (диагностическую). Статистическую информацию получают путем обработки данных об отказах представительной совокупности автомобилей, а диагностическую – путем непосредственного измерения параметров технического состояния данного автомобиля. На основе статистической информации с определенной вероятностью устанавливают регламентные объемы ТО и ремонта, а на основе диагностической уточняют эти объемы применительно к данному автомобилю. Использование диагностической информации исключает затраты на преждевременную профилактику и текущий ремонт автомобилей, обусловленный пропуском отказов. Уровень снижения затрат при планово-предупредительном ТО за счет диагностирования в большой степени зависит от коэффициента вариации ресурса автомобилей L , стоимости аварийного ремонта c , стоимости профилактических d и диагностических c_D работ.

Эффективность применения диагностирования при различном сочетании перечисленных факторов показана на номограмме (рис. 24), которая построена из условия, что суммарные удельные затраты на ремонт, предупредительное обслуживание и диагностирование не превышают суммарных удельных затрат на ремонт и предупредительное обслуживание без диагностирования:

$$\frac{c \cdot q_D + d \cdot (1 - q_D) + c_D \cdot \bar{n}_D}{\bar{L}_D^{\text{факт}}} \leq \frac{c \cdot q + d \cdot (1 - q)}{\bar{L}_P^{\text{факт}}}, \quad (1)$$

где q_D и q – вероятности аварийных отказов соответственно при обслуживании с диагностированием и без диагностирования; $\bar{L}_D^{\text{факт}}$, $\bar{L}_P^{\text{факт}}$ – средние фактические (средневзвешенные) пробеги до восстановления соответственно при обслуживании с диагностированием и без диагностирования; \bar{n}_D – среднее число проверок до восстановления.

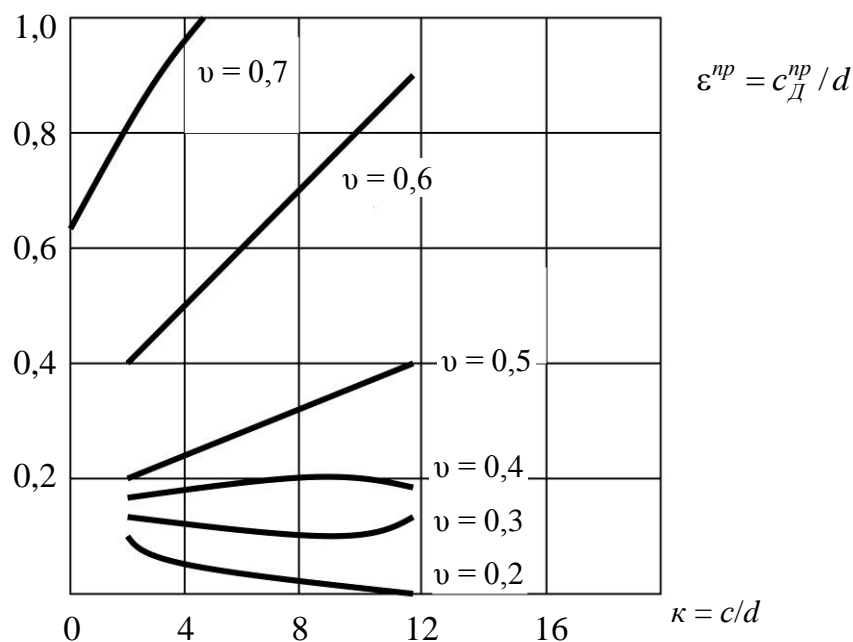


Рис. 3. Номограмма предельной стоимости диагностирования: c_D^{np} – предельная стоимость диагностирования; v – коэффициент вариации ресурса; κ – относительные затраты на ремонт; d – стоимость предупредительного ремонта (профилактики); c – стоимость ремонта при пропуске отказа

Из номограммы видно, что чем выше коэффициент вариации ресурса, а следовательно, и вероятности пропуска отказов данного агрегата при регламентном обслуживании, чем выше затраты на устранение этих отказов, тем более эффективно применение диагностирования.

Пользуясь номограммой, можно определить для заданных условий предельную стоимость диагностирования c_D^{np} того или иного механизма, при превышении которой становится выгоднее применять принудительную профилактику без диагностирования.

Расчеты показывают, что при существующих значениях c , d и c_D^{np} затраты на ТО и ремонт автомобилей могут быть снижены за счет применения диагностирования на 10 – 25%.

Кроме снижения затрат на ТО и ТР автомобилей, эффект от применения диагностики, т. е. от индивидуальной оценки технического состояния и свойств автомобилей, может быть получен в результате более полного использования ресурсов работоспособности их агрегатов и механизмов путем более точного информационного обеспечения планирования и организации таких мероприятий, как ремонт, снабжение, экономия топлива, безопасность движения автомобилей и др.

Из этого следует, что диагностика автомобилей является одним из основных факторов обеспечения прогрессивных технологических процессов ТО и ТР, направленных на реализацию многочисленных внутривладельческих резервов, за счет всестороннего использования индивидуальных возможностей и свойств автомобилей.

Возможности диагностирования многих агрегатов и механизмов в большой степени зависят от их контролепригодности.

Контролепригодностью называют приспособленность автомобиля к диагностическим работам, обеспечивающим заданную достоверность информации о техническом состоянии объекта при минимальных затратах труда, времени и средств на его диагностирование.

Основным показателем контролепригодности (КП) является коэффициент K_k контролепригодности.

$$K_k = \frac{T_o}{T_o + T_\delta}, \quad (2)$$

где T_o – основная трудоемкость диагностирования, чел.-ч; T_δ – дополнительная трудоемкость (подключение диагностических средств, датчиков, вывод объекта на тестовый режим и т.п.), чел.-ч.

Основная и дополнительная трудоемкости диагностирования определяются путем суммирования затрат труда на выполнение основных t_{oi} и дополнительных $t_{\delta i}$ диагностических операций с учетом их вероятностей P_i , обусловленных надежностью объекта.

T_o и T_δ для элементов, систем и автомобиля в целом выражаются формулами:

$$T_o = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_{oi}; \quad (3)$$

$$T_\delta = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_{\delta i}, \quad (4)$$

где n – число диагностических операций.

Коэффициент контролепригодности локально характеризует приспособленность автомобиля (системы, элемента) к диагностированию. Он позволяет также оценить уровень конструкции автомобиля в области его контролепригодности.

Дополнительные показатели контролепригодности дифференцированно оценивают контролепригодности качественно и количественно. К

ним относятся: доступность диагностирования; легкость подключения приборов; возможность диагностирования без разрыва цепей, удобство работ, обеспеченность контроля встроенными датчиками; унификация числа контрольных точек; централизация контроля; санитарно-гигиенические показатели. Дополнительные диагностические показатели определяют так же, как основные – по трудоемкости операций и их повторяемости, либо количественным сравнением (например, сравнивая число контрольных точек), либо экспертно на основе анализа ранее выполненных аналогичных конструкций.

Нормативы контролепригодности могут задавать на стадии проектирования автомобилей, исходя из уже достигнутого минимума t_{0i} и t_{Di} в области мирового автомобилестроения.

Для повышения контролепригодности автомобилей на их агрегатах и механизмах устанавливают встроенные датчики, устройства для централизованного съема информации, индикаторы неисправностей, в последнее время широко используются микропроцессорные датчики, позволяющие обозначить путь возникновения неисправности и ее исправления.

Для обеспечения процесса диагностирования используют диагностические параметры, которыми могут быть: параметры рабочих процессов (мощность, тормозной путь, расход топлива и др.); параметры сопутствующих процессов (шум, вибрация, нагрев и др.) и геометрические величины (зазор, люфт, свободный ход, биение и др.). Закономерности изменения диагностических параметров от наработки объекта диагностирования аналогичны закономерностям изменения параметров его технического состояния.

С целью обеспечения требуемой достоверности и экономической целесообразности получения диагностической информации диагностические параметры должны быть чувствительны, однозначны, стабильны и информативны (рис. 25).

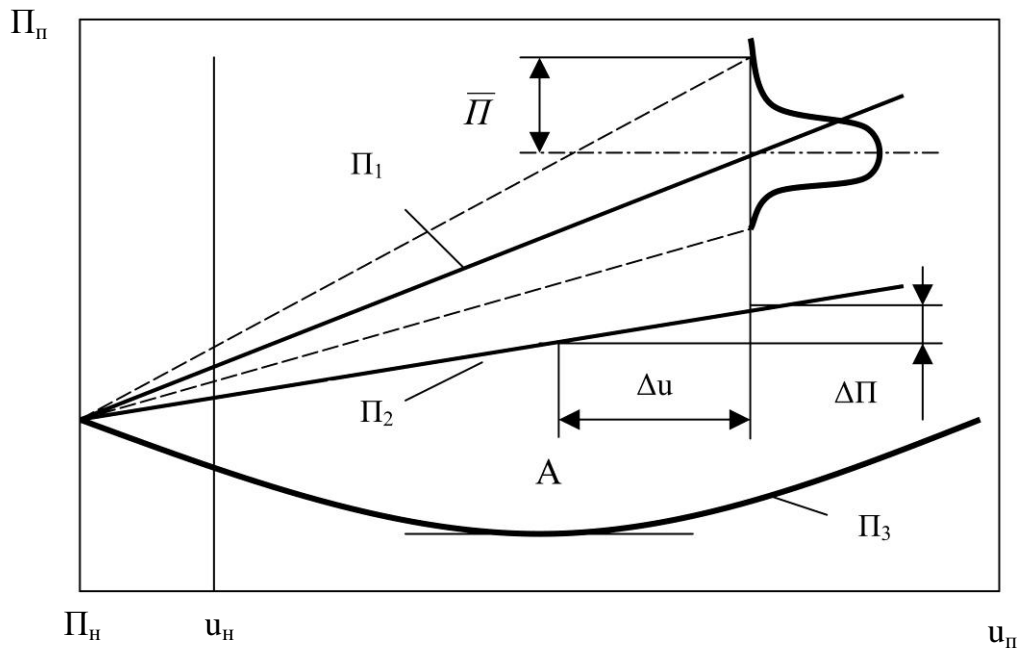


Рис. 4. Схема характеристик диагностических параметров: $\bar{\Pi}$ – математическое ожидание, характеризующее стабильность параметра Π_1 ; $\Delta\Pi/\Delta u$ – чувствительность параметра Π_2 ; А – экстремум, характеризующий неоднозначность параметра Π_3 в диапазоне $u_n - u_n$;
 u_n и u_n – соответственно начальное и предельное значения структурного параметра

Чувствительность K_{Γ} диагностического параметра Π , т.е. его приращение $d\Pi$ при изменении du параметра технического состояния, будет

$$K_{\Gamma} = \frac{d\Pi}{du}. \quad (5)$$

Однозначность диагностического параметра означает отсутствие экстремума ($d\Pi/du = 0$) в диапазоне от начального u_n до предельного u_n значений параметра технического состояния.

Стабильность диагностического параметра определяется вариацией его значений при многократном измерении на объектах, имеющих одну и ту же величину соответствующего структурного параметра. Ее оценивают с помощью среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma_{\Pi(u)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\Pi(u) - \bar{\Pi}(u)]^2}{n-1}}. \quad (6)$$

Нестабильность диагностического параметра снижает его фактическую чувствительность. Поэтому для оценки тесноты связи диагностического параметра со структурным используют отношение

$$K_{\Gamma}' = \frac{K_{\Gamma}}{\sigma_{\Pi}}. \quad (7)$$

Информативность – одно из важнейших свойств диагностического параметра. Она характеризует достоверность диагноза, получаемого в результате измерения значений параметра.

При общем диагностировании, когда выявляется неисправность объекта в целом, информативность определяют из совместного анализа плотностей распределения значений параметров $f_1(\Pi)$ и $f_2(\Pi)$, соответствующих заведомо исправным и неисправным объектам (рис. 26).

Таким образом, чем меньше степень перекрытия распределений, тем меньше ошибок будет при использовании данного параметра для постановки диагноза (т.е. он будет информативнее).

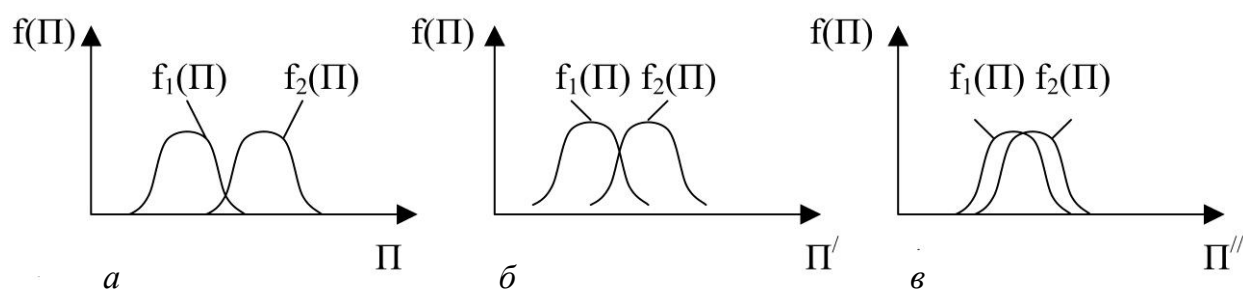


Рис. 5. Схема сравнительной информативности диагностических параметров: *a* – информативного Π ; *б* – малоинформативного Π' ; *в* – неинформативного Π'' ; f_1 и f_2 – функции распределения параметров соответственно исправных и неисправных объектов

Для количественного определения информативности можно использовать следующую формулу в соответствии с приведенным примером (см. рис. 26):

$$I(\Pi) \approx \frac{|\bar{\Pi}_1 - \bar{\Pi}_2|}{\sigma_1 + \sigma_2}. \quad (8)$$

В данном случае чем выше информативность диагностического параметра, тем на бóльшую величину снижается неопределенность состояния объекта диагностирования при использовании данного диагностического параметра.

Для того чтобы определить техническое состояние автомобиля, необходимо текущие значения диагностических параметров, измеренных при помощи внешних или встроенных средств диагностирования, сопоставить с нормативными значениями.

Диагностические нормативы служат для количественной оценки технического состояния автомобиля. Они устанавливаются руководящими нормативно-техническими материалами. К диагностическим нормативам относятся: начальное P_n , предельное P_n и допустимое P_d значения норматива.

Начальный норматив P_n соответствует величине диагностического параметра новых, технически исправных объектов. В эксплуатации P_n используют как величину, до которой необходимо довести измеренное значение параметра путем восстановительных и регулировочных операций. Начальный диагностический норматив задается технической документацией.

Для некоторых механизмов автомобиля, приборов систем зажигания и питания P_n подбирают индивидуально по максимуму экономичности в процессе диагностирования. Это позволяет наиболее полно использовать индивидуальные возможности автомобиля, различные из-за неоднородности производства. Так, например, оптимальный угол начальной установки момента зажигания для одной и той же модели автомобиля может отличаться от среднего на 3 – 8°. Практически это означает, что, используя в качестве норматива индивидуальное значение P_n , можно значительно повысить мощность и топливную экономичность автомобиля.

Предельный норматив P_n соответствует такому состоянию объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация становится невозможной или нецелесообразной по технико-экономическим соображениям. Предельный норматив диагностического параметра задается согласно требованиям нормативно-технической документации.

В эксплуатации предельный норматив используют для прогнозирования ресурса конкретных объектов и в случае встроенного, непрерывного диагностирования.

Допустимый норматив P_d является основным диагностическим нормативом при периодическом диагностировании, проводимом в рамках планово-предупредительной системы ТО автомобилей. Он представляет собой ужесточенную величину предельного норматива, при которой обеспечивается заданный, или экономически оптимальный, уровень вероятно-

сти отказа на предстоящем межконтрольном пробеге. На основе допустимого норматива ставят диагноз состояния объекта и принимают решение о необходимости профилактических ремонтов или регулировок.

В эксплуатации допустимый норматив принимается условно как граница неисправных состояний объекта для заданной периодичности его межконтрольного пробега. Состоит P_0 из начального значения P_n и допускаемого отклонения D . Если текущее значение диагностического параметра выходит из допустимого норматива, это означает, что, хотя объект и является работоспособным, его не следует выпускать в очередной пробег без регулировки или ремонта из-за высокой вероятности отказа или пониженных технико-эксплуатационных свойств.

Тема 7.3. Определение диагностического норматива.

Начальное, предельное и упреждающее значение диагностического параметра. Методы расчета диагностических нормативов.

Чтобы определить, в каком состоянии находится автомобиль или его элемент, необходимо знать параметры его технического состояния, заданные нормативно-технической документацией предприятия-изготовителя.

Параметры технического состояния (структурными параметрами) — это физические величины (выраженные в миллиметрах, градусах и т.п.), определяющие связь и взаимодействие элементов автомобиля и его функционирование в целом. Например, параметрами технического состояния сопряжения поршень—цилиндр двигателя могут быть размеры сопряженных деталей поршней и цилиндров, которые определяют зазор между ними, овальность и т.п. В процессе эксплуатации параметры технического состояния изменяются от номинального до предельного значения под влиянием различных конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов. Предельные значения структурных параметров обусловлены вероятностью отказов и неисправностей автомобиля и являются в основном значениями технико-экономического характера.

Возможность непосредственного измерения в процессе эксплуатации структурных параметров (износов, зазоров) сопряжений механизмов автомобиля без их разборки весьма ограничена. Поэтому при диагностировании пользуются косвенными признаками, отражающими техническое состояние автомобиля. Эти признаки называются диагностическими параметрами и представляют собой пригодные для измерения физические величины, связанные с параметрами технического состояния автомобиля и несущие информацию о его состоянии.

Диагностический параметр — это мера проявления технического состояния автомобиля и его элементов по косвенным признакам, определяемая количественными значениями.

Диагностическими параметрами могут быть параметры рабочих процессов (мощность, тормозной путь, расход топлива и др.), сопутствующих процессов (вибрация, шум и т.п.) и геометрические величины (зазор, люфт, свободный ход, биение и др.).

Для обеспечения надлежащей достоверности и экономичности диагностирования диагностические параметры должны обладать чувствительностью, однозначностью, стабильностью, информативностью.

Чувствительность диагностического параметра — это отношение его приращения к соответствующему изменению структурного параметра.

Чем больше значение этой величины, тем чувствительнее диагностический параметр к изменению структурного параметра.

Однозначность диагностического параметра определяется монотонно возрастающей или убывающей зависимостью его от структурного параметра в диапазоне от начального до предельного изменения структурного параметра.

Стабильность диагностического параметра определяется дисперсией его значения при многократных измерениях в неизменных условиях при одном и том же значении структурного параметра. Нестабильность диагностического параметра снижает достоверность оценки технического состояния механизма, что в некоторых случаях заставляет отказаться от удобных методов диагностирования. Так, например, именно это является одной из основных причин, по которой площадочные тормозные стенды, несмотря на некоторые их преимущества, не нашли широкого применения на практике. Для определения истинного состояния тормозной системы на таких стендах необходимо проводить целую серию измерений, что представляет определенную трудность.

Информативность диагностического параметра является главным критерием, положенным в основу определения возможности применения параметра для целей диагностирования. Она характеризует достоверность диагноза, получаемого в результате измерения значений параметра.

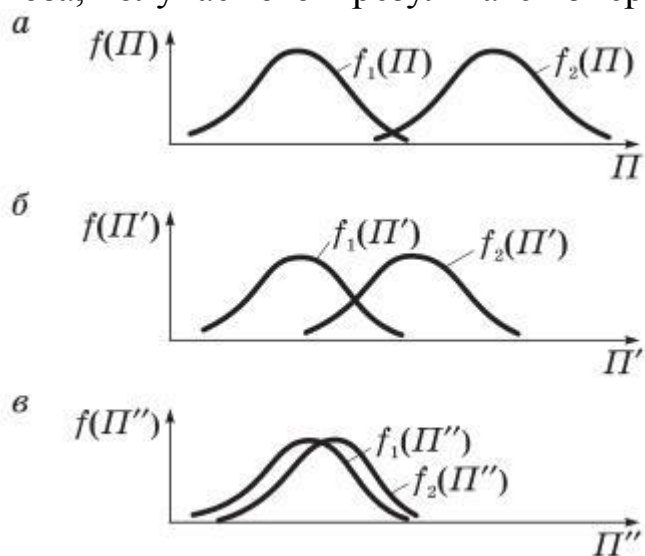


Рис.6 Сравнительная схема информативности диагностических параметров: а — информативного (Π); б — малоинформативного (Π'); в — неинформативного (Π''); f_1, f_2 — функции распределения параметров соответственно исправных и неисправных объектов

Диагностические параметры механизма, как и структурные, являются переменными случайными величинами и имеют соответствующие номинальные и предельные значения. С увеличением пробега автомобиля диагностические параметры могут либо увеличиваться (вибрации и др.), ли-

бо уменьшаться (давление масла и т.д.). Существующая связь между диагностическими и структурными параметрами позволяет без разборки автомобиля и его элементов количественно оценить их техническое состояние.

Диагностические нормативы — это количественная оценка технического состояния диагностируемой системы. К ним относятся:

- начальное значение диагностического параметра
- его предельное значение, при достижении которого возникает существенная вероятность появления отказа
- упреждающее или допустимое значение при заданной периодичности диагностирования

Определение технического состояния системы в данный момент и прогнозирование ее работоспособности в период предстоящей наработки выполняются путем сравнения измеренного значения диагностического параметра с его допустимым значением.