

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ,
СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН ПО
АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ**

**ФАКУЛЬТЕТ “ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА”**

**КАФЕДРА: “ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО
ТРАНСПОРТА”**

К О Н С П Е К Т Л Е К Ц И Й
по дисциплине

“Основы теории надежности и диагностики”

для бакалавров направлений

Область знаний:	100000 –	Гуманитарная сфера
	300000 –	Производственно техническая сфера
Область образования:	110000 –	Педагогика
	310000 –	Инженерное дело
Направление образования:	5111000 –	Профессиональное образование (5310600 – Наземные транспортные системы и их эксплуатация (автомобильный транспорт))
	5310600 –	Наземные транспортные системы и их эксплуатации (автомобильный транспорт);

ТАШКЕНТ 2018

Конспект лекций составлен на основании учебной и рабочей программ дисциплины **"Основы теории надежности и диагностики"** для бакалавров направления 5310600 – Наземные транспортные системы и их эксплуатации (автомобильный транспорт); 5111000 – Профессиональное образование (5310600 – Наземные транспортные системы и их эксплуатация (автомобильный транспорт)).

Составители:

Таджибаев А.А. - ТИПСЭАД, к.т.н., доцент
кафедры "Эксплуатация автомобильного
транспорта"

Сидикназаров К.М. - ТИПСЭАД, к.т.н., доцент
кафедры "Эксплуатация автомобильного
транспорта"

Ибрахимов К.И. - ТИПСЭАД, к.т.н., доцент
кафедры "Эксплуатация автомобильного
транспорта"

Рецензент:

Кадиршаев Т. - ТИПСЭАД, к.т.н.,
доцент кафедры "Эксплуатация
автомобильного транспорта"

Конспект лекций рассмотрен на заседании кафедры "ЭАТ". Протокол № ____
от "____" _____ 2018 г. и рекомендован к публикации.

Заведующий кафедрой

доц. Муминджанов Н.М.

Конспект лекций рассмотрен методической комиссией факультета
"Эксплуатация автомобильного транспорта и транспортных систем" ТИПСЭАД.
Протокол № ____ от "____" _____ 2018 г. и рекомендован к публикации.

**Председатель
методической комиссии**

ст. преп. Усманов З.Т.

Выходные данные:

Формат № _____ Заказ _____ Тираж _____

Объем _____ Печ.лист _____ М.У. ТИПСЭАД _____

ВВЕДЕНИЕ

Для подготовки бакалавров по направлениям 5310600 – Наземные транспортные системы и их эксплуатации (автомобильный транспорт); 5111000 – Профессиональное образование (5310600 – Наземные транспортные системы и их эксплуатация (автомобильный транспорт)) одной из общепрофессиональных дисциплин является **"Основы теории надёжности и диагностики"**.

Формирование показателей надёжности происходит по общим законам, подчиняется единой логике событий и раскрытие этих связей является основой для оценки, расчета и прогнозирования надёжности, а также для построения рациональных систем производства, испытания и эксплуатации транспортных средств.

В настоящее время во всех отраслях народного хозяйства эксплуатируется множество транспортных средств. В этой связи, повышение надёжности транспортных средств имеет большое экономическое значение, известно, что во время эксплуатации затрачиваемые расходы на техническое обслуживание и ремонт значительно превышают первоначальную стоимость транспортных средств. Решение проблемы надёжности позволит сэкономить большие средства.

Технический прогресс ставит перед предметом надёжности такие задачи, как проектирование транспортных средств, производство и их эксплуатация, обеспечение работоспособности при возникновении тяжелых условий и чрезвычайных ситуаций, прогнозирование технического состояния, диагностирование и нахождение самых оптимальных конструктивных решений.

Предмет надёжности изучает закономерности изменения показателей качества технических устройств и систем, и на этой основе разрабатывает методы повышения сроков безотказной работы при минимальных затратах.

Специфическое свойство проблемы надёжности состоит из следующих задач:

1. Оценка по времени изменения первоначальных параметров транспортного средства в процессе эксплуатации;
2. Прогнозируется техническое состояние объекта с точки зрения сохранения его выходных параметров (показателей качества).

В целом проблема надёжности связана с вопросами прогнозирования. На раннем этапе создания транспортных средств требуется оценка надёжности для эксплуатационных условий. Предмет надёжности изучает изменения показателей надёжности объектов (точность, мощность, производительность, ресурс и др.) в зависимости от времени их эксплуатации. Однако, не изучает вопросов достижения показателей надёжности до определенного уровня.

На автотранспорте предмет надёжности и его исследования, связаны с изучением физических смыслов отказов. При этом долговечность, изнашиваемость, жаропрочность и другие показатели разрабатываются методом расчетов и применяются технологические воздействия, которые обеспечивают необходимую надёжность транспортных средств.

I. Модул. Основы теории надежности транспортных средств

Тема-1. Предмет, задачи и источники дисциплины -2 часа

План:

1.1 Предмет науки о надежности и диагностики транспортных средств.

1.2 Философские предпосылки проблемы надежности машин.

1.3 Экономический аспект надежности транспортных средств.

1.4 Задачи, структура курса, его роль в подготовке бакалавров.

Ключевые слова: транспортные средства; философские предпосылки; объект; качество; событие; критерия; эффективность; техническое обслуживание; текущий ремонт; срок окупаемости; предельный срок; экономически целесообразной пробег.

1.1 Предмет науки о надежности и диагностики транспортных средств

Надежность отражает свойство транспортных средств (ТС) сохранять требуемые качественные показатели в течение всего периода эксплуатации.

Решение проблемы надежности ТС - это огромный резерв повышения эффективности производства, производительности труда.

Особенностью проблемы надежности является ее связь со всеми этапами проектирования, изготовления и эксплуатации ТС.

В условиях технической революции, практика, с ее разнообразными запросами в области проектирования, производства и эксплуатации ТС, ставит перед наукой о надежности новые задачи выбора оптимальных конструктивных решений, прогнозирования состояния ТС, диагностики, обеспечения работоспособности в тяжелых условиях эксплуатации и при возникновении неожиданных ситуаций.

При решении вопросов надежности используются математическая статистика, теория вероятностей, физико-химическая механика, включая теорию трения и изнашивания, разделы динамики и прочности машин и др.

Наука о надежности изучает закономерности изменения показателей качества технических устройств и систем, и на основании этого разрабатываются методы, обеспечивающие с наименьшими затратами времени и средств необходимую продолжительность и безотказность работы ТС.

1.2 Философские предпосылки проблемы надежности машин

Рассматривая надежность с позиций диалектического материализма, следует в первую очередь ответить на два связанных между собой вопроса:

Во - первых, является ли потеря машиной с течением времени своих начальных характеристик обязательным процессом?

Во - вторых, какие философские категории и закономерности определяют методологический аспект проблемы надежности.

Транспортная средства, выполняя определенные функции, находится во взаимодействии с окружающей средой, с человеком и с объектом, для которого она предназначена. При этом возникают разнообразные причинно - следственные связи - как формы проявления всеобщей универсальной связи явлений в природе. Накопление количества различных воздействий на транспортном средстве

приводят к эволюции ее качественных показателей, и в соответствии с законами диалектики, к возможности перехода в иное качественное состояние.

Поэтому целесообразно изучить следующих:

- причины изменения технического состояния транспортных средств;
- физических особенности факторов (процессов) снижения работоспособности транспортных средств;
- различных воздействий и против воздействия на транспортные средства;
- на основании вышеуказанных факторов, создавать такие системы, которые могли бы в течение необходимого периода времени выполнять заданные функции

Надежность изделия является одним из основных показателей его качества. В философском понимании качество- это неотъемлемая от объекта совокупность признаков, выражающая его специфику и отличие от других объектов или явлений.

Под качеством объекта (транспортного средства) понимается совокупность свойств, определяющих степень его пригодности для использования по назначению. Другими словами, надежность это "качество", развернутое во времени.

1.3 Экономический аспект надежности

Оценка достигнутого уровня надежности и необходимость его повышения должна решаться в первую очередь с экономических позиций, т.е. экономика является одним из основных критериев для решения большинства практических вопросов надежности.

Сравнение различных вариантов достижения рационального уровня надежности должно исходить из условия получения наибольшего суммарного экономического эффекта с учетом затраты в сфере производства и эксплуатации транспортного средства.

Затраты могут быть настолько высоки, что эффект от повышения надежности объекта не возместит их, и суммарный результат от проведенных мероприятий будет отрицательным (рис. 1.1).

Изменение экономической эффективности транспортного средства во времени при эксплуатации складывается под влиянием двух основных факторов:

1. Затраты на изготовление нового транспортного средства $-Q_u$ (включая проектирования, изготовления, испытания, отладку, транспортировку).
2. Затраты на эксплуатацию Q_{Σ} (включая ТО и ремонт).

Доход транспортного средства (Q_p) в зависимости от пробега определяется по формуле:

$$Q_D(L) = \beta \cdot C_i \cdot L \cdot \alpha_T(t) \quad (1.1)$$

где β - коэффициент использования платного пробега; C_n - стоимость проезда за один километр, сум/км; L - пробег транспортного средства, тыс. км; $\alpha_T(t)$ - коэффициент технической готовности в зависимости от года эксплуатации;

Эксплуатационные затраты рассчитываются по формуле:

$$Q_Y(L) = Q_C(L) + Q_{\text{от-об}}(L) + Q_{\text{т}}(L) + Q_{\text{д}}(L) + Q_H(L) \quad (1.2)$$

где Q_3 - заработная плата водителя, сум; $Q_{ТО-ТР}$ – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт, сум; $Q_{Ш}$ – затраты на восстановление шин, сум; Q_T – затраты на топливо- смазочные материалы, сум; Q_H – накладные расходы предприятия, сум.

С другой стороны, работа транспортных средств даёт положительный эффект, т.е. доход $Q_p(L)$. Тогда суммарная эффективность транспортных средств $Q(L)$ в зависимости от пробега определяется по формуле:

$$Q(L) = Q_p(L) - (Q_E + Q_Y(L)) \quad (1.3)$$

Эти затраты $Q_E + Q_Y$ являются отрицательным в балансе эффективности.

Эксплуатационные затраты ($Q_E(L)$) имеет тенденцию возрастания в зависимости от пробега сначала эксплуатации, так как старение отдельных элементов транспортного средства и ухудшение ее технического состояния приводит к необходимости вкладывать все большие средства для восстановления работоспособности (рис. 1.1).

С увеличением пробега с начала эксплуатации доход транспортного средства (Q_p) постепенно снижается, так как простое транспортного средства в ТО и ТР и потребность в запасных частях возрастает, в результате производительность транспортного средства снижается. Поэтому кривая суммарной экономической эффективности ($Q(L)$) транспортных средств во времени T (или по пробегу L) имеет максимум и два раза пересекает ось абсциссы L .

При возрастании суммарная эффективность $Q(L)$ в зависимости от времени (пробега) пересекается с осью абсцисс, т.е. эта точка пересечения происходит при:

$$Q_D(L) = Q_E + Q_Y(L) \quad (1.4)$$

Первое пересечение $L_{ок}$ показывает пробег (срок) окупаемости.

Начиная с этого момента ($L_{ок}$) транспортное средство начинает приносить прибыль. С возрастанием эксплуатационных затрат с (L_{max}) прирост полученного эффекта постепенно снижается из-за возрастания эксплуатационных затрат и простоя транспортного средства для ТО и ТР. Вторая пересечения $L_{пр}$, которое показывает пробег (срок службы) до предельного состояния транспортного средства.

Длительность экономически целесообразной эксплуатации транспортных средств находится в диапазоне между (L_{max}) и пробегом до предельного срока службы ($L_{пр}$) транспортных средств, т.е. $L_{max} < L_Y < L_{пр}$,

$L_{ок}$ – Пробег (срок) окупаемости, тыс. км; $L_{пр}$ – Пробег (срок службы) до предельного состояния транспортных средств, тыс. км.; L_{max} - пробег при максимальной эффективности, тыс. км; L_Y – экономически целесообразный пробег (срок) эксплуатации транспортных средств, тыс. км.

1.4 Задачи, структура курса и его роль в подготовке бакалавров

Цель и задачи преподавания дисциплины

Целью преподавания курса является получение студентами углублённых знаний по теории надёжности и диагностики для разработки и эффективного применения научно-обоснованных методов и нормативов по эксплуатации транспортных средств.

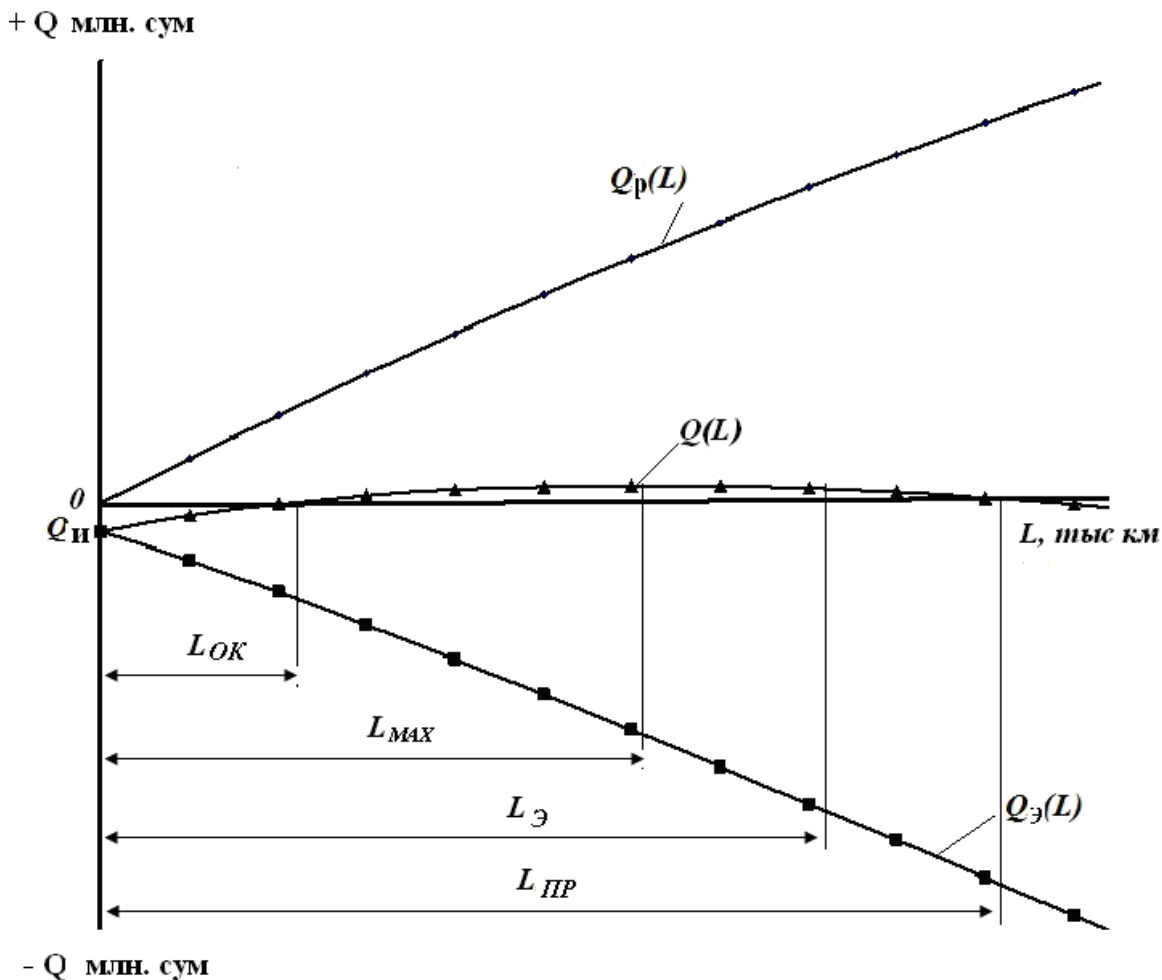


Рис. 1.1 Изменение экономической эффективности транспортных средств во времени T (или по пробегу L)

Задачи изучения дисциплины

В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования, основной задачей изучения дисциплины является формирование у бакалавра:

- понятий о системе диагностики и показателях надёжности функционирования транспортных средств;
- знаний и умений по обеспечению надёжности и работоспособности, владения методами и средствами оценки надёжности и диагностики транспортных средств;
- приобретение навыков по экспериментальному определению основных эксплуатационных характеристик транспортных средств, а также сбора, обработки и анализа информации по эксплуатации транспортных средств.

Вопросы для самоподготовки

1. Что изучает наука о надёжности?
2. Что такое качество в философском понимании?
3. Как определяется достигнутый уровень надёжности?
4. Как определяется суммарная эффективность транспортных средств?

5. Через какие пробега сумма затраты на изготовление и эксплуатации будет равен доходу транспортного средства?

Тема-2. Техническое состояние и работоспособность транспортных средств -2 часа

План:

2.1. Понятия и показатели технического состояния и работоспособности транспортных средств.

2.2. Отказы и неисправности.

2.3. Классификация отказов.

2.4. Влияние отказов на транспортный процесс.

Ключевые слова: отказ, неисправность, явный отказ, скрытый отказ, постепенный отказ, начальный, допустимый и предельный параметра технического состояния, зависимые отказы, независимые отказы, внезапный отказ, наработка, работоспособность, линейный отказ, конструктивные отказы, заявочные отказы, ресурс, производственные отказы, эксплуатационные отказы, деградационные отказы, элемент.

2.1 Понятия и показатели технического состояния и работоспособности транспортных средств

Техническое состояние транспортного средства (агрегата, механизма, соединения) определяется совокупностью изменяющихся свойств, характеризующих текущими значениями Y_i , т.е. количественными показателями конструктивных параметров (рис. 2.1).

С возрастанием пробега с начала эксплуатации техническое состояние транспортного средства ухудшается, из-за износа, неисправностей и других причин.

Эксплуатационные показатели качества транспортных средств одновременно служат показателем технического состояния. Показателями технического состояния агрегатов и систем транспортного средства являются:

Комплексные показатели: пробег до капитального ремонта, мощность на ведущих колесах во время разгона (ускорения), расход топлива, пробег ведущих колес при свободном вращении.

Двигатель и его системы: легкий пуск, дымление, расход масла, течь охлаждающей жидкости и масла, температура охлаждающей жидкости, давление масла, шум в работе, симптомы о износе цилиндропоршневой группы (снижение компрессии, прорыв газов в картер и др.), состояние масла и фильтра.

Система питания: течь топлива, загрязнение воздушного фильтра, состав выпускных газов.

Электрооборудование: углы установки зажигания, состояние угла контакта прерывателя, симптомы о неисправностях свечей зажигания, катушки зажигания. сила и направления лучи фар, работоспособность генератора, стартера, реле-регулятора, аккумуляторной батареи, электрических цепей и электронного блока управления (ЭБУ).

Трансмиссия: гул, шум в работе, вибрация и нагрев, буксовка ведомого диска сцепления, свободный ход педали сцепления, коэффициент полезного действия трансмиссии.

Ходовая часть: давления в шинах, крепление колес, люфт в шкворнях, углы установки управляемых колес, симптомы о неисправностях амортизаторов, люфт в подшипниках колес.

Тормозная система: зазор между тормозными накладками и барабаном, тормозной путь и замедление транспортного средства, сила торможения, время срабатывания тормозных механизмов (синхронность), свободный ход педали, сила нажатия на педаль, герметичность системы, работоспособность антиблокировочной системы (АБС) и др.

Рулевое управление: люфт рулевого колеса, усилие перемещение рулевого колеса, крепление рулевой колонки, уровень и давления масла в гидрусилителе руля.

Кузов: вмятины, разрывы, разрушения лакокрасочного покрытия, коррозия, ослабление болтовых и заклепочных (рама) соединений, вибрация, перекосы, герметичность кузова и др.

Показатели технического состояние транспортного средства играют особый рол в процессе технического обслуживания. Это позволяет контролировать работоспособность транспортного средства, перечень необходимых регулировочных работ и объема текущего ремонта, а также технического ресурса или безотказного пробега до очередного технического обслуживания.

С начало эксплуатации транспортного средства эти показатели изменяются до пробега возникновения отказа. Поэтому значение норматива предельного состояния позволяет своевременно останавливать эксплуатации транспортного средства.

Техническое состояние транспортного средства в процессе эксплуатации изменяется от начального параметра (Y_H) до предельного ($Y_{ПР}$) состояния (рис 2.1). Например: для тормозов - размеры тормозных накладок, барабанов и зазоры между ними.

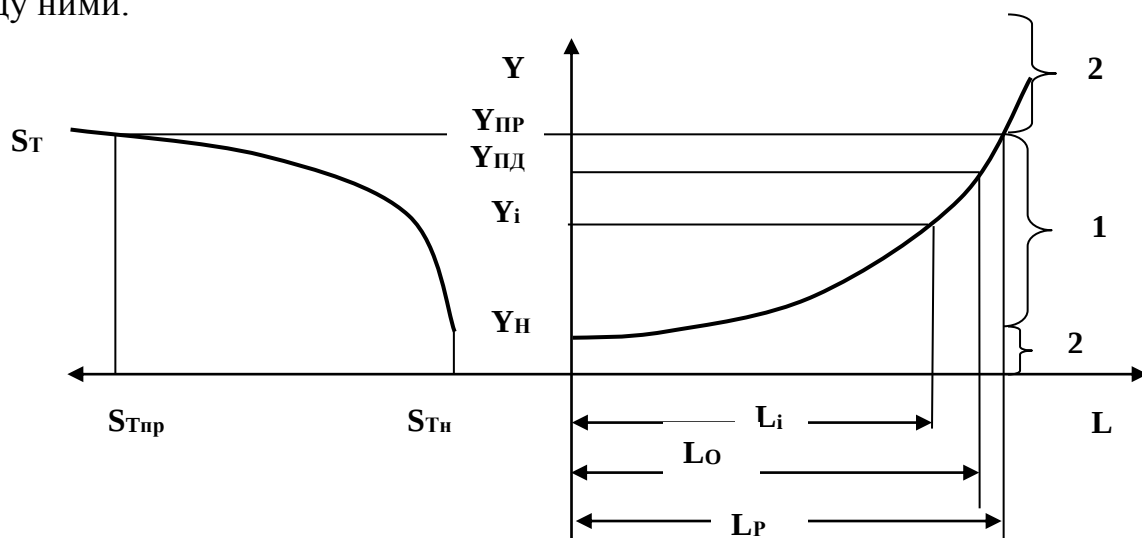


Рис.-2.1. Изменение показателей технического состояния Y , диагностического параметра S в зависимости от пробега

Y_H - начальное или номинальное значение технического состояния;

$Y_{ПР}$ - предельное значение технического состояния;

$Y_{ПД}$ - предельно допустимое значение технического состояния;

Y_i - текущие значения технического состояния;

L_P - наработка до предельного состояния (ресурс);

L_O - оптимальная периодичность регулировки.

$S_{Tн}$ va $S_{Tпр}$ – начальное и предельное значение тормозного пути, м.

1-зона характеризует условие работоспособности объекта, т.е. $Y_H \leq Y_i \leq Y_{иД}$.

2-зона характеризует условие неисправности (неработоспособности) $Y_H > Y_i > Y_{иД}$ т.е. вероятность повышенного отказа объекта.

Начальное или номинальное значение технического состояния (Y_H) – это первоначальное значения технического параметра нового и исправного транспортного средства или его элементов после пройденного испытания и обкатки.

Предельное значение технического состояния ($Y_{ПР}$)- до этого значения не проводя регулировочных и профилактических работ можно достичь высокому технико-экономическому показателю и необходимому уровню вероятности безотказной работы. На основе предельно допустимого параметра каждого объекта определяется периодичность обслуживания.

Предельное значение технического состояния ($Y_{ПР}$)- это состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация (по конструктивным, экономическим, экологическим и др. причинами) недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Начальное или номинальное (Y_H), предельное ($Y_{ПР}$) и предельно допустимое ($Y_{ПД}$) значений параметров технического состояния задается в Государственных стандартах, нормативно-технической и проектно-конструкторских документах.

Продолжительность работы изделия в часах или километрах пробега называется **наработкой**. Нарботка до предельного состояния, оговоренная технической документацией, называется **ресурсом** (L_P на рис. 2.1).

Если изделие удовлетворяет требованиям нормативно-технической документации по всем показателям, то оно считается исправным.

Если параметры изделия, характеризующие его способность выполнять заданные функции, соответствуют установленным нормативно - технической документацией требованиям, то оно признается работоспособным.

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ- состояние изделия, при котором оно может выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

2.2 Отказы и неисправности

В процессе эксплуатации транспортных средств для нормирования технического обслуживания, ремонта, запасных частей и других эксплуатационных материалов, необходимо знать понятие отказа и неисправностей.

Отказ- это событие, заключающееся в нарушении работоспособности, т.е. при этом прекращается транспортный процесс.

Если изделие может выполнять свои основные функции, но не отвечает всем требованиям технической документации, то оно считается работоспособным, но неисправным.

Под **неисправностью** изделия понимают такое его состояние, когда оно не соответствует хотя бы одному из требований технической документации.

2.3. Классификация отказов

Классификация отказов необходима для выявления причин их возникновения и разработке мер по предупреждению и устранению. Существует несколько классификационных признаков отказов.

1. по влиянию на работоспособность объекта различают отказы его элементов и отказы, вызывающие неисправность или отказ объекта в целом. Например, перегорание лампы плафона вызывает отказ лампы (элемента), но не транспортного средства, а отказ тормозного механизма является одновременно отказом транспортного средства.

2. по источнику возникновения различают отказы:

- **конструктивные**, отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и (или) норм проектирования и конструирования;

- **производственные**, отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленного процесса изготовления или ремонта, выполняемого на ремонтном предприятии;

- **эксплуатационные**, отказ, возникший по причине, связанной с нарушением установленных правил и (или) условий эксплуатации;

- **деградационные**, отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил (или) норм проектирования, изготовления и эксплуатации.

3. по характеру возникновения и возможности прогнозирования различают отказы:

- **постепенные**, возникают в результате изменения показателей технического состояния изделия, чаще всего вследствие изнашивания;

- **внезапные**, для которого характерно внезапный переход изделия из начального исправного состояния в состояние отказа.

4. По связи с отказами других элементов отказы бывают:

- **зависимые**, обусловленные отказом или неисправностью других элементов изделия (отказ аккумуляторной батареи из-за неисправности реле-регулятора).

- **независимые**, не обусловленные отказами или неисправностями других элементов изделия (прокол шины на дороге).

5. **По частоте возникновения (наработке)** для современных автомобилей различают отказы с малой наработкой (3...4 тыс. км), средней (до 12...16 тыс. км) и большой (свыше 12...16 тыс. км). Следует иметь в виду, что наработки между отказами существенно сокращаются при увеличении пробега автомобиля с начала эксплуатации.

6. **По трудоемкости устранения** отказы можно разделить на требующие малую (до 2 чел.-ч), среднюю (2...4 чел.-ч) и большую (свыше 4 чел.-ч) трудоемкость восстановления работоспособности автомобиля.

7. **По влиянию на потери рабочего времени автомобиля** отказы подразделяют на устраняемые без потери рабочего времени, т. е. при ТО или внерабочее (межсменное) время, и отказы, устраняемые с потерей рабочего времени.

8. По месту возникновения отказы бывают:

- **заявочные**, выявляемые по заявкам водителя и устранение при ТО или в нерабочее время)

- **линейные**, устраняемые на линии.

9. По характеру определения отказов явный и скрытый:

- **явный отказ**- отказ, обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования (поломка рессор, снижение давление в шинах, прокол пневмо подушках и др.)

- **скрытый отказ** - отказ, не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования, но выявляемый при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностирования (сложный пуск двигателя, увеличение расхода топлива и др.)

В технической эксплуатации транспортных средств отказ рассматривается, как событие достоверная, а наработка, при котором происходит отказ, величина случайная.

2.4 Влияние отказов на транспортный процесс

Конкретные транспортные средства используются циклически, т.е. время непосредственной работы чередуется с организационными или техническими простоями. Поэтому необходимо рассмотреть влияние отказов транспортных средств на транспортные процессы (рис. 2.2).

Различают следующие время работы транспортных предприятий и конкретного транспортного средства:

- рабочее время предприятия ($\dot{O}_{D\hat{A}.I}$), в течение которого предприятия обслуживает клиентов, пользующихся транспортом, т.е. транспортные средства работают на линии (грузового транспортного предприятия может составлять 12-15 ч, пассажирского - до 20-22 ч.);

- рабочее время транспортного средства ($\dot{O}_{D\hat{A}\hat{O}\hat{N}}$), или время в наряде, т.е. в течение которого транспортное средства находится на линии ($\dot{O}_{D\hat{A}\hat{O}\hat{N}} = \dot{O}_I$).

На предприятия для конкретного транспортного средства устанавливается график работы, в котором фиксируется начало рабочего времени (t_H), т.е. выход транспортного средства на линию и окончание рабочего времени (t_K)-возврата транспортного средства на предприятия.

$$\dot{O}_{D\hat{A}\hat{O}\hat{N}} = \dot{O}_I = t_K - t_H, \quad (2.1)$$

Как правило, $\dot{O}_{D\hat{A}.I} < \dot{O}_{D\hat{A}\hat{O}\hat{N}}$

Нерабочее время транспортного средства ($T_{HBTС}$)- время, в течение которого транспортное средства находится на предприятии.

$$T_{HBTC} = T_C - T_H = T_{1HBTC} + T_{2HBTC}, \quad (2.2)$$

где T_C - 24 ч (сутки);

T_{1HBTC} , T_{2HBTC} - нерабочее время транспортного средства до и после наряда.

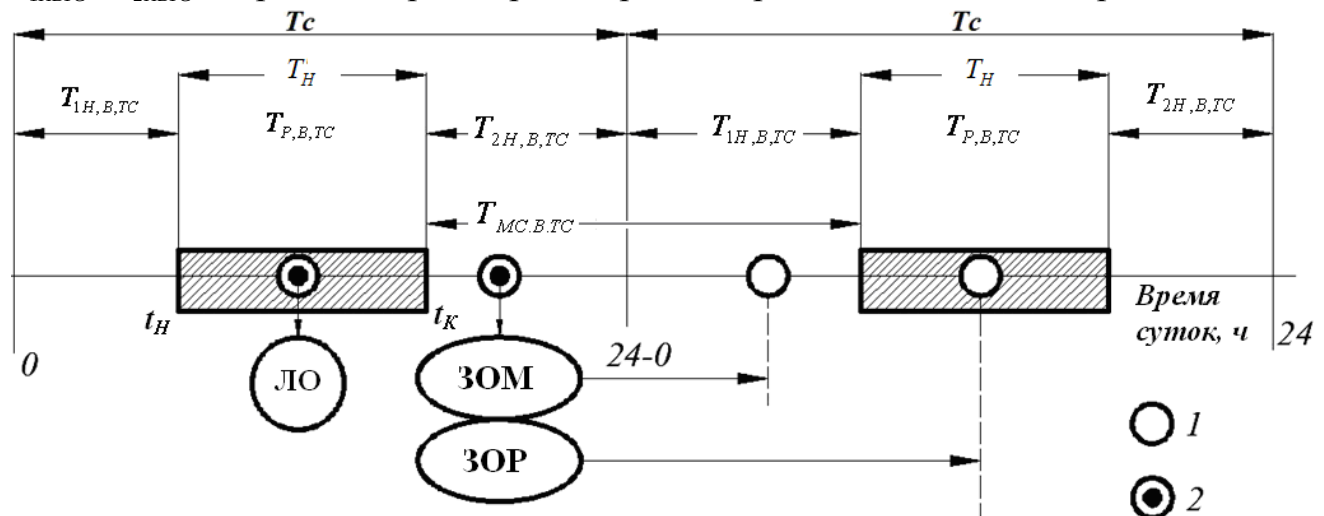


Рис. 2.2. Влияние технического состояния транспортного средства на транспортный процесс (1 - момент завершения работ по устранению отказа; 2 - момент возникновения, выявления или фиксации отказа).

В зависимости от момента и места возникновения отказы (рис. 2.2) различают:

- ЛО - линейные отказы, которые возникают на линии в течение рабочего времени транспортного средства и нарушают транспортный процесс;
- ЗО - заявочные (нелинейные) отказы, которые выявлены в межсменное время транспортного средства.

Линейные отказы подразделяются: устраняемые на линии с потерей рабочего времени (водителем, персоналом технической помощи) и не устраняемые на линии, требующие транспортировки транспортного средства для устранения отказа.

В зависимости от продолжительности устранения заявочные (нелинейные) отказы подразделяются на:

- ЗОМ - устраняемые в межсменное время и не влияющие на транспортный процесс;
- ЗОР - не устраняемые в межсменное время, вызывающие простой транспортного средства за счет рабочего времени.

Вопросы для самоподготовки

1. Что такое техническое состояние изделия?
2. Что такое работоспособность транспортного средства?
3. Приведите примеры параметров технического состояния транспортного средства?
4. Сформулируйте условия работоспособности транспортного средства?
5. По каким признакам классифицируются отказы?

Тема-3. Изменение технического состояния деталей и узлов транспортных средств в процессе эксплуатации - 2 часа

План:

3.1 Старение, коррозия, разрушение деталей транспортных средств.

3.2 Трение и его виды.

3.3 Изнашивание и его классификация.

3.4 Характерные закономерности изнашивания деталей транспортных средств

Ключевые слова: изнашивание, абразивное изнашивание, трещина, деформация, износ, разрушение, перегорание, коррозия, трение, кавитация, срез, механическое изнашивание, молекулярно-механические изнашивание, коррозионно-механические изнашивание, закоксовывание, жидкостное трение, граничное трение, сухое трение, смешанное трение, старение, поломка, расслоение, замыкание, вытягивание, изгиб, смятие.

3.1 Старение, коррозия, разрушения деталей транспортных средств

Изменение технического состояния обусловлено работой узлов механизмов, случайными причинами, а также воздействием внешних условий работы и хранения транспортных средств, т.е.:

- нагружение элементов;
- взаимное перемещение элементов;
- воздействие тепловой и электрической энергии;
- воздействие химически активных компонентов;
- воздействие внешней среды (влага, ветер, температура, солнечная радиация);
- воздействие оператора и др.

Последствия и формы изменения конструктивных параметров во времени: изнашивание; коррозия; усталостные разрушения; пластические деформации; температурные разрушения и изменения; старение и др. (таблица 3.1)

Таблица-3.1

Процентное распределение причин отказов для автобусов эксплуатируемых в г. Ташкенте при пробеге 100 тыс. км

№ п/п	Причины отказов	Отказ, %
1.	Износ	59,9
2.	Пластические деформации и разрушения, в том числе:	16,04
	- обрыв, срыв, срез	13,06
	- вытягивание, изгиб, смятие	2,98
3.	Усталостные разрушения, В том числе:	9,21
	- трещины	1,37
	- поломка	2,98
	- измельчение, расслоение	4,86

4.	Температурные разрушения, в том числе: - перегорание, замыкание, подгорание, закоксовывание	9,39 9,39
5.	Прочие	5,46
Всего		100,00

Старение. Показатели технического состояния деталей и эксплуатационных материалов изменяются под действием внешней среды. Так, резинотехнические изделия теряют прочность и эластичность в результате окисления, термического воздействия (разогрев или охлаждение), химического воздействия масла, топлива и жидкостей, а также солнечной радиации и влажности.

В процессе эксплуатации свойства смазочных материалов и эксплуатационных жидкостей ухудшаются в результате накопления в них продуктов износа, изменения вязкости и потери свойств присадок. Детали и материалы изменяются не только при их использовании, но и при хранении: снижаются прочность и эластичность резинотехнических изделий; у топлива, смазочных материалов и жидкостей наблюдаются процессы окисления, сопровождаемые выпадением осадков.

Усталостные разрушения. Этот вид разрушений возникает при циклическом приложении нагрузок, превышающих предел выносливости металла детали. При этом происходят постепенное накопление и рост усталостных трещин, приводящее при определенном числе циклов нагружения к усталостному разрушению деталей. Совершенствование методов расчета и технологии изготовления транспортных средств (повышение качества металла и точности изготовления, исключение концентраторов напряжения) привело к значительному сокращению случаев усталостного разрушения деталей. Как правило, оно наблюдается в экстремальных условиях эксплуатации, длительные перегрузки, низкие или высокие температуры) у рессор, полуосей, и рамы.

Изменение формы деталей в основном связаны с достижением или превышением пределов текучести или прочности соответственно у вязких (сталь) или хрупких (чугун) материалов.

Коррозия. Это явление происходит вследствие агрессивного воздействия среды на детали, приводящего к окислению (ржавлению) металла и, как следствие, к уменьшению прочности и ухудшению внешнего вида. Основными активными агентами внешней среды, вызывающими коррозию, являются соль, которой посыпают дороги зимой, кислоты, содержащиеся в воде и почве, а также компоненты, входящие в состав отработавших газов автомобилей, и их химические соединения. Коррозия главным образом поражает детали кузова, кабины, рамы. Для деталей кузова, расположенных снизу, коррозия сопровождается абразивным изнашиванием в результате воздействия на поверхность при движении автомобиля абразивных частиц - песка, гравия. Сильно способствует коррозии сохранение влаги на металлических поверхностях, в том числе под слоем дорожной грязи, что особенно характерно для всякого рода скрытых полостей и ниш.

3.2 Трение и его виды

Трением называется сопротивление, возникающее при относительном перемещении двух сопряженных между собой тел. Преодоление силы трения на пути перемещения сопряженных деталей называется работой трения.

Работа трения деталей транспортных средств определяется конструкцией и состоянием сопряжений, выполняемой транспортным средством транспортной работой и обуславливается видами трения.

Различают следующие виды трения: сухое, жидкостное и граничное (рис. 3.1).

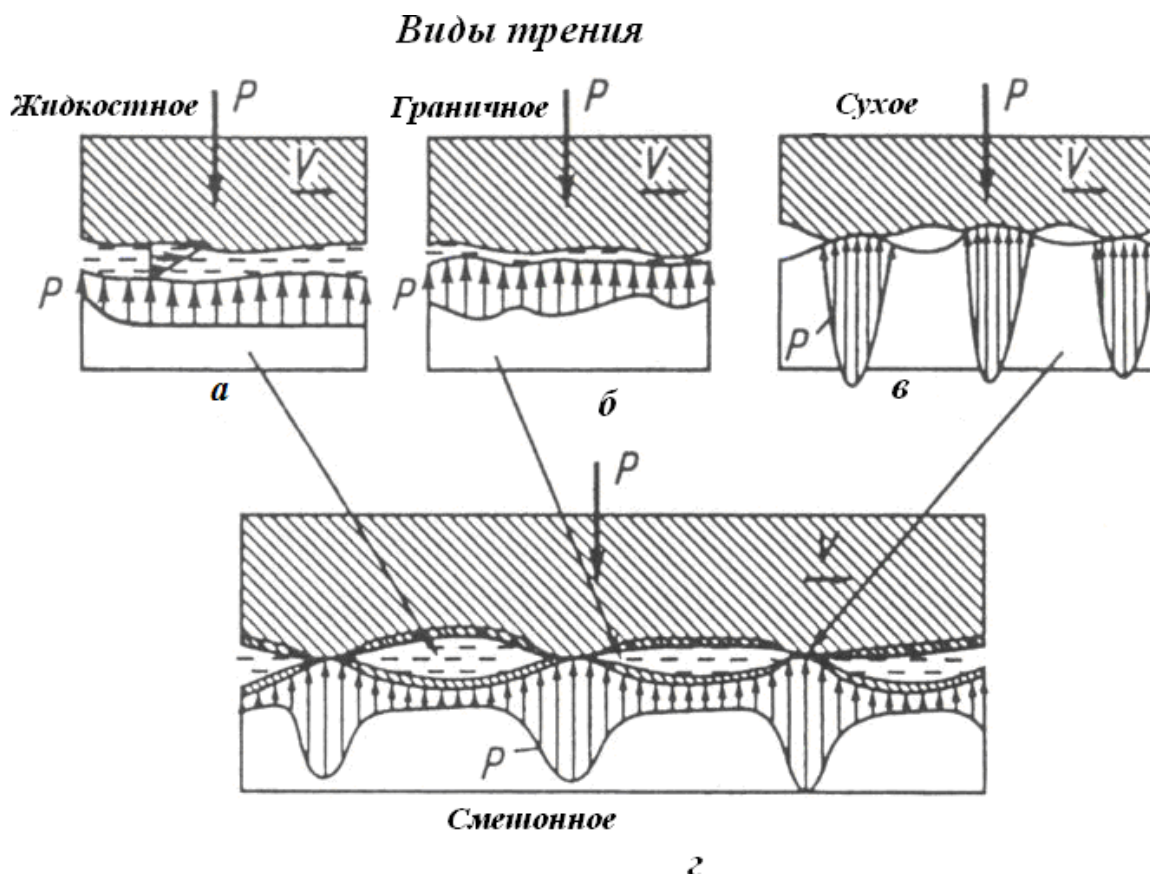


Рис. 3.1. Виды трения и смазки: жидкостное (а), граничное (б), сухое (в), смешанное (г)

а) Жидкостным трением называют такое, когда толщина масляного слоя между трущимися поверхностями превышает их микронеровности и трение возникает только за счет перемещения молекул в слое масла. Наиболее благоприятные условия с позиции износостойкости будут при жидкостном трении, когда слой смазочного вещества полностью разделяет контактирующие поверхности и износ может происходить лишь при засорении смазки и в периоды нарушения данных условий трения (рис. 3.1,а).

Жидкостное трение наблюдается в таких узлах транспортных средств, как подшипники коленчатого вала в период установившегося режима работы.

б) Граничным трением называют такое трение, когда трущиеся детали разграничены лишь теми слоями молекул масла, которые адсорбированы на поверхностях этих деталей, из-за полярной активности и сил молекулярного притяжения (рис. 3.1,б).

Примером граничного трения может служить трение в зацеплении шестерен главной передачи заднего моста, шариковых подшипниках, т.е в условиях высоких удельных нагрузок.

в) Сухим трением называют такое трение, когда трущиеся поверхности непосредственно соприкасаются и взаимодействуют между собой. Смазка между ними отсутствует (рис. 3.1,в). Примером сухого трения разнородных материалов может служить трение между тормозными накладками и барабанами колес автомобиля.

г) Для большинства сопряжений транспортных средств наиболее характерно смешанное трение при несовершенной смазке, когда на различных участках поверхности проявляются все три вида трения (рис. 3.1,г). Существуют промежуточные виды трения: полусухое (как среднее между сухим и граничным) и полужидкостное (как среднее между жидкостным и граничным или сухим трением).

Практически при работе механизмов транспортных средств наблюдаются смешанные, периодически изменяющиеся или промежуточные виды трения.

3.3 Изнашивание и его классификация

Изнашивание – это процесс разрушения и отделения материала с поверхности детали и (или) накопления ее остаточной деформации при трении, проявляющейся в постепенном изменении размеров и формы деталей.

Износ – результат изнашивания.

Изнашивание классифицируется на следующие виды: механическое, молекулярно-механическое, коррозионно-механическое, эрозионное и кавитационное изнашивание (рис 3.2.).

Механическое изнашивание включает следующие группы изнашивания: абразивное; вследствие пластических деформаций; вследствие хрупкого разрушения; вследствие усталостного изнашивания.

Абразивное изнашивание является следствием режущего или царапающего действия твердых частиц. Они могут находиться между парами трения, в потоке жидкости или газа (в масле – износ ЦПГ, в бензине – износ жиклеров).

Пластические деформации и разрушения. Обычно этот вид разрушений является следствием либо ошибок при расчетах, либо нарушений правил эксплуатации (перегрузки, неправильное управление транспортным средством, дорожно-транспортные происшествия и т. п.). Иногда пластическим деформациям или разрушениям предшествует механическое изнашивание, приводящее к изменению геометрических размеров и сокращению запасов прочности детали.

Молекулярно-механическое изнашивание проявляется в схватывании металла и переносе его с одной детали на другую, вырывании частиц с поверхности одной детали и налипании или наволакивании на другую, заедании сопряженных деталей вследствие возникновения молекулярного сцепления между трущимися поверхностями. Молекулярно-механическое изнашивание наблюдается в подшипниках скольжения, втулках валов, поршнях и других деталях, особенно в процессе приработки механизмов. При интенсивном схватывании металлов

происходит процесс наволакивания слоя менее прочного металла на поверхность более прочного.

Коррозионно-механическое изнашивание сопровождается явлениями химического взаимодействия среды (кислорода, газов, кислот, щелочей) с материалом трущихся деталей. Взаимодействие среды с поверхностными слоями металла приводит к образованию новых химических соединений, которые резко изменяют свойства трущихся активных слоев металла. При этом износ трущихся поверхностей происходит вследствие периодического образования и разрушения менее прочного слоя. Коррозионно-механическому изнашиванию подвергаются цилиндры двигателя, вкладыши подшипников, шейки коленчатого вала и другие детали вследствие воздействия серной, сернистой и органических кислот.

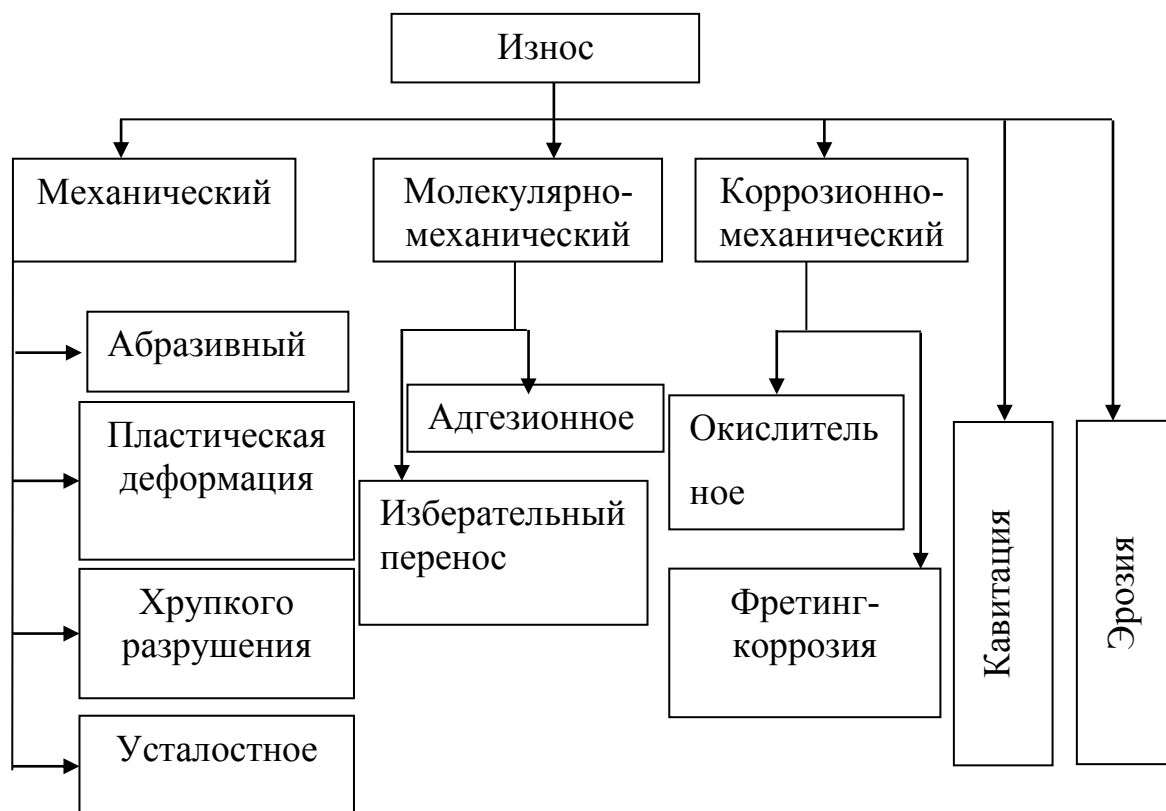


Рис. 3.2. Классификация видов износа

В зависимости от условий работы одна и та же деталь может подвергаться одновременно воздействию нескольких видов изнашивания. Например, верхняя часть цилиндра двигателя подвергается одновременно молекулярно-механическому, механическому (абразивному) и коррозионно-механическому изнашиванию.

Эрозионное и кавитационное изнашивания вызываются взаимодействием потоков жидкостей или газов с поверхностями деталей.

Эрозия - процесс вымывания отдельных частиц материала вследствие трения потока жидкости или газа и их ударов о поверхность. Примером эрозии может быть изнашивание топливной аппаратуры дизельных двигателей, жиклеров карбюратора, выпускных клапанов двигателя.

Кавитация - это образование, а затем и поглощение парогазовых пузырьков в движущейся на поверхности детали жидкости при определенных соотношениях давлений и температур в переменных сечениях потока. Разрушение кавитационных пузырьков сопровождается гидравлическими ударами по поверхности детали и образованием каверн (полостей). Кавитационное разрушение иногда наблюдается в водяных насосах, на наружных поверхностях мокрых гильз цилиндров двигателя и в других деталях автомобиля.

3.4 Характерные закономерности изнашивания деталей транспортных средств

Процесс нарастания износа поверхности слоев имеет определенные закономерности (рис. 3.3). Величина износа (I) повышается в течение всего пробега L транспортного средства до предельного состояния детали, но интенсивность изнашивания различна на разных этапах работы.

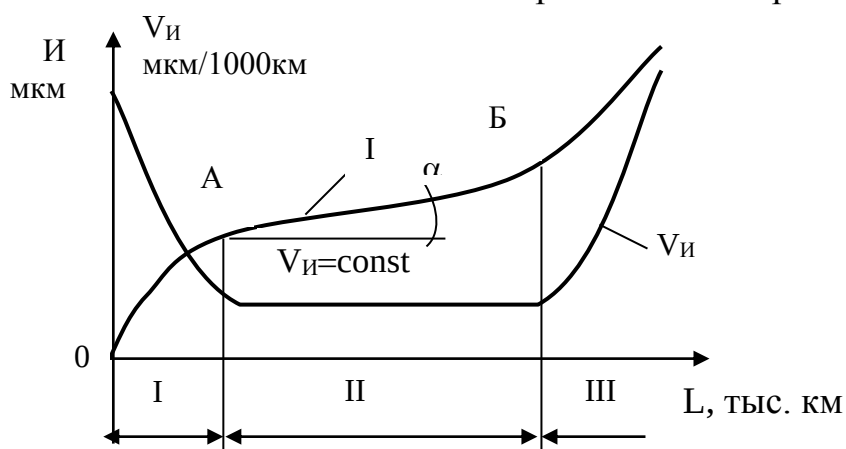


Рис.-3.3. Зависимость износа (I) и интенсивности изнашивания ($V_{и}$) детали от наработки.

В начальный период работы (приработки) изнашивание деталей протекает весьма интенсивно (участок OA) до некоторой величины, характерной для данных условий работы. Затем переходит в зону установившегося изнашивания (участок AB), при этом интенсивность изнашивания ($V_{и} = \text{const}$) до определенного пробега, после этого периода резко возрастает и переходит в аварийное изнашивание. Интенсивное изнашивание деталей на участке OA является результатом того, что микропрофиль поверхностей не является оптимальным для данных условий работы и вся нагрузка воспринимается выступами и шероховатостями поверхностей. По мере приработки снижается интенсивность изнашивания вследствие увеличения площади поверхностей за счет износа, а также изменения микрогеометрии трущихся поверхностей деталей и удельного давления.

Износ на участке AB называется нормальным (естественным). Он характеризуется постоянством условий работы трения и скорости изнашивания данного сопряжения. После точки B изнашивание резко увеличивается за счет увеличения зазора между трущимися поверхностями, роста динамических нагрузок, ухудшения режима смазки и пр. Следовательно, увеличение зазоров между деталями должно быть ограничено.

I- Период приработки, это процесс изменения геометрии поверхностей трения и физико-механических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения. В период приработки деталей (в течение 1...5 тыс. км) происходит обкатка транспортных средств, на протяжении которой устанавливают особые режимы эксплуатации.

II- Период установившегося изнашивания характеризуется постоянной интенсивностью, и следовательно, линейным возрастанием износа (И) при постоянном наклоне α прямой на графике. Этот период для различных деталей составляет 50-500 тыс. км.

III- Период – интенсивность изнашивания повышается - наступает период аварийного изнашивания.

Вопросы для самоподготовки

1. Что такое старение?
2. Что относится к основным активным агентам внешней среды, вызывающую коррозию?
3. Что такое трение?
4. Какие параметры деталей изменяются в результате износа?
5. Как изменяется износ деталей транспортных средств в зависимости от пробега?
6. В каких деталях наблюдается коррозионно-механическое изнашивание?

Тема-4. Свойства надёжности и их показатели -2 часа

План:

- 4.1 Основные термины и определения надежности
- 4.2 Свойства надежности
- 4.3 Безотказность и её показатели
- 4.4 Долговечность и её показатели
- 4.5 Ремонтопригодность и её показатели
- 4.6 Сохраняемость и её показатели

Ключевые слова: изделие, восстановление, дефект, безотказность, вероятность безотказной работы, вероятность (функция) отказа, долговечность, качество, наработка на отказ, интенсивность отказов, параметр потока отказов, ведущая функция потока отказов, надежность, физическое старение, моральное старение, обслуживаемый объект, ресурс, средний ресурс, гамма - процентный ресурс, назначенный ресурс, ремонтпригодность, сохраняемость, ремонтируемый объект, неремонтируемый объект, эксплуатация.

4.1 Основные термины и определения надежности

Терминологические вопросы не являются ведущими в надежности. Однако чтобы избежать путаницы в использовании ряда терминов, надо дать им четкое определение.

Изделие - единица продукции, выпускаемая предприятием, которая может состоять из одной детали или совокупности деталей, например, транспортные средства, механизм, агрегат, прибор и т.д.

Под *эксплуатацией* изделия понимается совокупность всех фаз его существования: транспортировка, хранение, подготовка к использованию по назначению, использование, обслуживание и ремонт.

Восстановление - процесс перевода объекта в работоспособное состояние из неработоспособного состояния.

Обслуживаемый объект, для которого проведение технического обслуживания предусмотрено нормативно-технической документацией.

Восстанавливаемый объект, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния предусмотрено в нормативно-технической документации.

Ремонтируемый объект, ремонт которого возможен и предусмотрен нормативно - технической, ремонтной документацией.

Неремонтируемый объект, ремонт которого не возможен или не предусмотрен нормативно-технической, ремонтной документацией.

Качеством изделия называется совокупность свойств, определяющих степень пригодности изделия для использования по назначению.

Надежность – свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Другими словами, надежность это "качество", развернутое во времени.

Основным понятием теории надежности является отказ.

4.2 Свойства надежности

Надежность транспортных средств обуславливается свойствами **безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости**.

Безотказность – это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки

Долговечность – это свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта

Ремонтпригодность – это свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость – это свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Для количественной характеристики надежности используются показатели надежности. Их классификация приведена в таблице 4.1.

Единичный показатель надежности, характеризующий одно из свойств (безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости), составляющих надежность объекта.

Комплексный показатель надежности, характеризующий несколько свойств, составляющих надежность объекта

По методу получения показателей свойств надежности различают следующие:

- *расчетные*, получаемые на основе расчетных методов;
- *экспериментальный*, определяемые по данным испытаний;
- *эксплуатационный*, получаемые по данным эксплуатации;

Таблица 4.1

Классификация показателей надежности

№ п/п	Признаки	Показатели
1.	Число характеризующих свойств надежности	Единичный Комплексный
2.	Свойство надежности	Безотказности Долговечности Ремонтопригодности Сохраняемости
3.	Метод получения	Расчетный Экспериментальный Эксплуатационный Экстраполированный
4.	Область использования	Нормативный Оценочный
5.	Область распространения	Индивидуальный Групповой

- *экстраполированный*, получаемые методами экстраполирования на различных условиях эксплуатации или на большую продолжительность эксплуатации.

По области использования показатели надежности бывают: нормативные и оценочные. Нормативные показатели надежности регламентируются в нормативно-технической документации. К оценочным показателям относятся, используемые для различных сравнительных оценок при научно-исследовательских и проектно-технологических разработках.

Нормированию подлежат в первую очередь вероятность безотказной работы $R(L)$ изделия с оценкой продолжительности периода, в течение которого она оценивается, а для высоконадежных систем, у которых $R(L) \rightarrow 1$, должен устанавливаться запас надежности K_H и значение T_{γ} (таблица 4.2).

4.3 Безотказность и её показатели

Показатели безотказности:

Вероятность безотказной работы это вероятность того, что в заданном интервале пробега не возникнет отказа элементов транспортных средств (рис. 4.1).

Вероятность безотказной работы определяется в предположении, что в начальный момент времени (момент начала исчисления наработки) объект находился в работоспособном состоянии. Вероятность безотказной работы $R(L)$ объекта в интервале от 0 до L включительно определяют так:

$$R(L) = \frac{N_0 - \sum m(L)}{N_0}, \quad (4.1)$$

где N_0 - число изделий, находящихся под наблюдением (на начало эксперимента); $\sum m(L)$ - суммарное количество изделий, имевших отказы за пробег L .

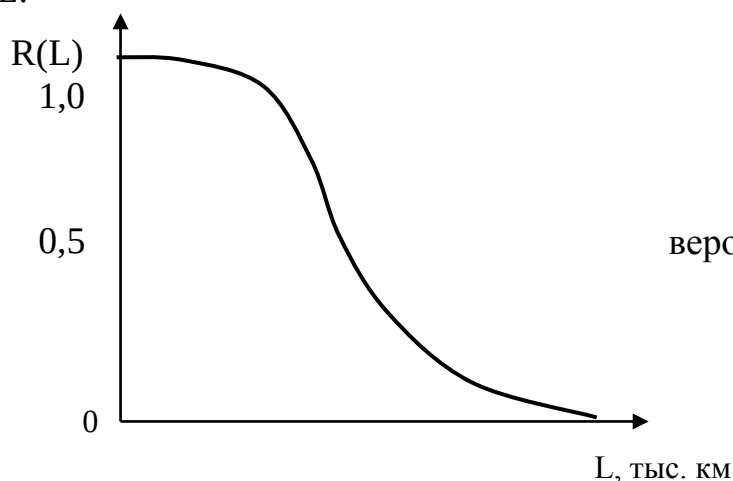


Рис. -4.1. График изменения вероятности безотказной работы $R(L)$ в зависимости от пробега L

Таблица 4.2

Классы надежности по допустимому значению вероятности безотказной работы

Класс надёжности	Допустимое значение $R(L)$	Последствие отказа	Примеры машин
0	$<0,9$	Без существенных последствий	Элементы машины, не влияющие на ее технические характеристики
1	$\geq 0,9$	Экономические потери	Технологическое оборудование неавтоматизированных производств
2	$\geq 0,99$	Значительные экономические потери	Технологическое оборудование в автоматизированных системах. Сельскохозяйственная техника
3	$\geq 0,999$	Моральный ущерб	Бытовые машины
4	$\geq 0,9999$	Авария, катастрофа, невыполнение ответственного задания	Подъемно-транспортные машины, летательные аппараты, машины химического производства, медицинское оборудование, военная техника
5	1		

Вероятность (функция) отказов. Вероятность отказа $F(L)$ является событием, противоположным вероятности безотказной работы.

$$F(L) = 1 - R(L) = \frac{\sum m(L)}{N_0}, \quad (4.2)$$

Вероятность безотказной работы $R(L)$ изделия в зависимости от времени (пробега) изменяется от 1,0 до 0, а вероятность (функция) отказов $F(L)$ от 0 до 1,0.

Средняя наработка на отказ L_0 – отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.

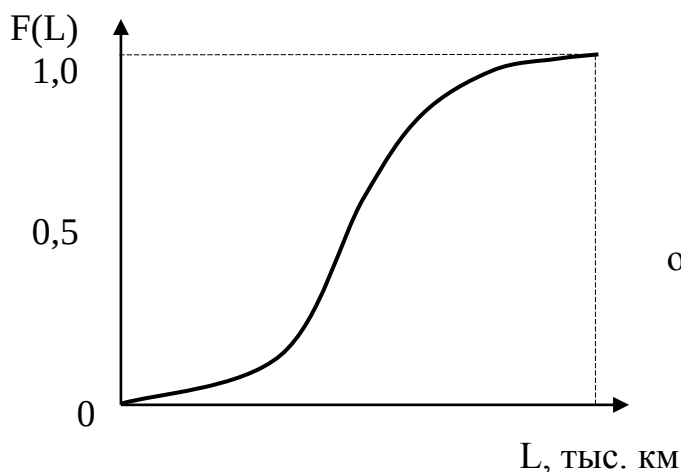


Рис. 4.2. График изменения вероятности отказов $F(L)$ в зависимости от пробега L

$$L_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} L_i}{\sum_{i=1}^{N_0} m_i}, \quad (4.3)$$

где L_i – пробег i -го изделия за период наблюдения; $m_i(l)$ – суммарное количество отказов анализируемых элементов по i -ому изделию за пробег L .

Интенсивность отказов ($\lambda(L)$) – условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник:

$$\lambda(L) = \frac{f(L)}{R(L)}, \quad (4.4)$$

где $f(L)$ – плотность вероятности отказа, 1/тыс км; $R(L)$ – вероятность безотказной работы.

Условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого изделия, определяемого для данного момента времени при условии, что отказа до этого момента не было:

$$\lambda(L) = \frac{N(L) - N(L + \Delta L)}{N(L) \cdot \Delta L}, \quad (4.5)$$

где ΔL – интервал пробега;

$N(L)$ – количество работоспособных объектов в момент пробега L ; $N(L + \Delta L)$ – количество работоспособных объектов в момент пробега $L + \Delta L$.

Зная интенсивность отказов, можно для любого момента времени (пробега) определить вероятность безотказной работы. Изменение интенсивности отказов $\lambda(L)$ для внезапных и постепенных отказов представлены на рисунке 4.3.

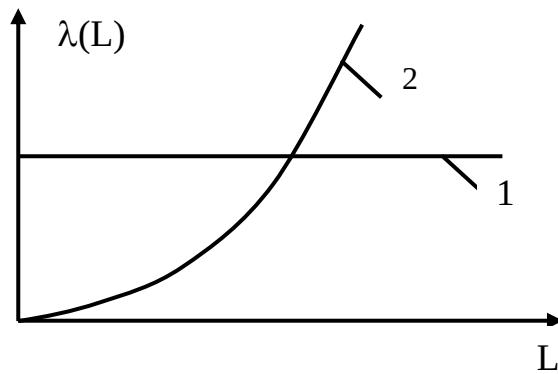


Рис.-4.3. Изменение интенсивности отказов: для внезапных (1) и постепенных (2) отказов

Параметр потока отказов. Отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за достаточно малую его наработку к значению этой наработки:

$$\omega(L) = \frac{m(L)}{N_0 \cdot \Delta L}; \quad (4.6)$$

где $\omega(L)$ – параметр потока отказов, отк./изд.тыс км; N_0 – число изделий, находящихся под наблюдением; $m(L)$ – число отказов за наработки (ΔL).

Кроме того, параметр потока отказов $\omega(L)$, есть плотность вероятности возникновения отказа восстанавливаемого изделия, определяемая для данной наработки:

$$\omega(L) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(L); \quad (4.7)$$

где $f_k(L)$ – плотность вероятности возникновения k -го отказа.

Ведущая функция потока отказов (функция восстановления) определяет накопленное количество вероятностей первого и последующих отказов изделия к пробегу L (рис.4.4):

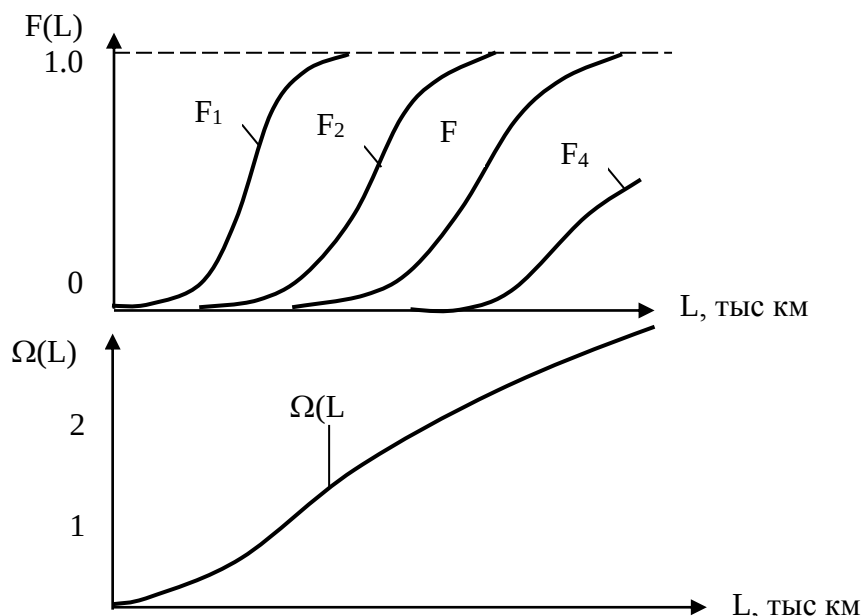


Рис. 4.4. Изменение параметра и ведущей функции потока отказов изделий в зависимости от пробега

$$\Omega(L) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(L); \quad (4.8)$$

где $\Omega(L)$ – ведущая функция потока отказов изделия, отказ; $F_k(L)$ – вероятность k -го отказа при наработке изделия L .

4.4 Долговечность и её показатели

Показатели долговечности:

Срок службы транспортных средств измеряется в календарной продолжительности работы конструкции до предельного состояния.

Срок службы транспортных средств определяется физическим старением в процессе работы, а также моральными старением.

В результате **физического старения** транспортного средства возрастает эксплуатационные расходы (из-за износа, поломки деталей и др.). Поэтому необходимо свое временно списания транспортных средств (см. рис. 1.1)..

Моральные старения транспортных средств связано с появлением новых транспортных средств с более совершенными характеристиками. Поэтому показатели эффективности и свойств надежности данного транспортного средства становятся более низкими по сравнению со средним уровнем.

Ресурс – это наработка транспортного средства до предельного состояния, оговоренного в технической документации.

Средний ресурс (L_{CP}) – математическое ожидание ресурса, т.е. средняя величина наработки до предельного состояния объекта (детали, узла, агрегата транспортного средства в целом) и определяется по формуле:

$$L_{CP} = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} L_i; \quad (4.9)$$

где L_i – наработка на отказа i -го изделия.

Гамма - процентный ресурс ($L_{\gamma\%}$) – суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью $\gamma\%$, выраженной в процентах. Вероятность безотказной работы гамма – процентного ресурса определяется так $R(L_{\gamma\%}) = \gamma\% / 100$ (обычно, $\gamma=80; 90; 95\%$). К этому вероятности безотказной работы относящий ресурс будет гамма - процентный ресурс (рис. 4.5). Гамма - процентный ресурс будет меньше, чем среднего ресурса.

Гамма - процентный ресурс используется при определении срока гарантии, периодичности технического обслуживания по заданному уровню безотказности $\gamma\%$ и другие показатели.

Назначенный ресурс (L_{RH}) – суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта (фильтр, ремни, детали и узлы заменяемые принудительно) должна быть прекращена независимо от его технического состояния

4.5 Ремонтпригодность и её показатели

Показатели ремонтпригодности:

Основными показателями ремонтпригодности являются:

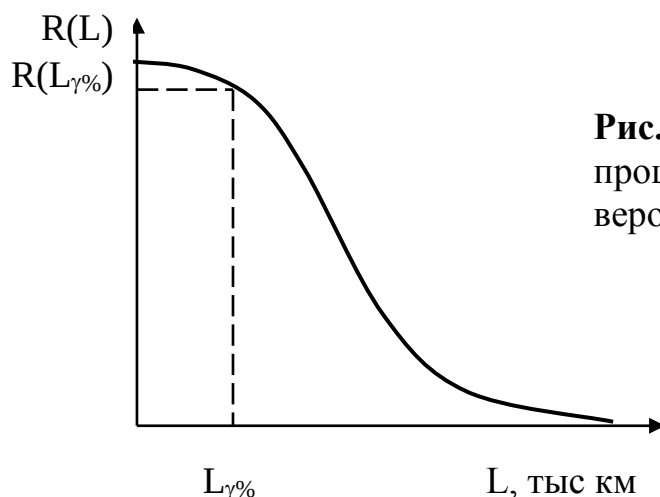


Рис. 4.5 Определение гамма - процентного ресурса в зависимости от вероятности безотказной работы

- средняя продолжительность и трудоемкость выполнения операций ТО и ремонта, которые применяются при нормировании и сравнении различных транспортных средств;

- вероятность восстановления транспортных средств в заданное время;

- средние затраты денежных средств и материалов на ТО и ремонт.

Под средним временем восстановления T_v понимают математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния объекта после отказа. Если известно закон распределения отказа, то тогда средняя время восстановления определяется так:

$$\dot{O}_{\hat{A}} = \dot{I} [t_{\hat{A}}] = \int_0^{\infty} t \cdot f_{\hat{A}}(t) \cdot dt, \quad (4.10)$$

где $\dot{I} [t_{\hat{A}}]$ – математическое ожидание времени восстановления, час; $f_{\hat{A}}(t)$ – плотности распределения времени восстановления, 1/час (1/тыс км).

Средняя время восстановления работоспособности транспортного средства на основании статистических информации определяется так:

$$\bar{O}_{\hat{A}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{\hat{A}i}, \quad (4.11)$$

где $t_{\hat{A}i}$ – время устранения i -го отказа, час; m – количество отказов, наблюдаемых в процессе испытаний или эксплуатации.

На основании этого показателя определяется трудоемкости по видам технического обслуживания и удельные трудоемкости текущего ремонта.

Вероятность восстановления – это вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданное значение. Вероятность восстановления транспортных средств в заданное время определяется следующим образом:

$$R_{\hat{A}}(t) = \int_0^t f_{\hat{A}}(t) dt, \quad (4.12)$$

Этот показатель на основании статистической информации определяется так:

$$R_{\hat{A}}^*(t) = 1 - \frac{n_{\hat{A}}(t + \Delta t)}{N_{\hat{A}}(t + \Delta t)}, \quad (4.13)$$

где $n_{\hat{A}}(t + \Delta t)$ - $t + \Delta t$ число элементов, не восстановленных за промежуток времени от t до $t + \Delta t$; $N_{\hat{A}}(t + \Delta t)$ - общее число элементов, подлежащих восстановлению за этот же интервал времени.

Для определения вероятности восстановления транспортных средств надо знать законы распределения отказов. Вероятность восстановления зависит от конструкции каждого транспортного средства и от его условий ремонта.

Экономические показатели ремонтпригодности, это затраты на техническое обслуживание и текущего ремонта – $C_{ТО-ТР}$; трудовые затраты – $T_{ТО-ТР}$; суммарные затраты – C_{Σ} ; суммарные трудовые затраты – T_{Σ} .

Эти показатели в зависимости от поставляемых задач, используются во время сравнения различных транспортных средств по ремонтпригодности, а также при определении приспособленности транспортного средства к техническому обслуживанию и текущему ремонту.

4.6 Сохраняемость и её показатели

Показатели сохраняемости:

Срок сохраняемости. Календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования объекта, в течение которой сохраняются в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять заданные функции.

Сохраняемость характеризуется *средним и гамма - процентным сроками сохраняемости изделия*.

Средний срок сохраняемости. Математическое ожидание срока сохраняемости объекта.

$$T_{CP} = \int_0^{\infty} t \cdot f_C(t) \cdot dt \quad (4.16)$$

где $f_C(t)$ – плотность распределения срока сохраняемости, 1/день.

Гамма-процентный срок сохраняемости. Срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью $\gamma\%$, выраженной в процентах:

$$\int_{T_{C,\gamma}}^{\infty} f_C(t) dt = \frac{\gamma\%}{100} \quad (4.17)$$

где $T_{C,\gamma}$ – Гамма-процентный срок сохраняемости, день.

Сохраняемость транспортного средства зависит от качества его изготовления, интенсивности протекания в элементах транспортного средства процесса старения, внешних факторов (температуры и влажности воздуха, агрессивности среды, солнечной радиации и др.). Сохраняемость оказывает влияние на безотказность, долговечность и ремонтпригодность кузовов, кабин, аккумуляторов, шин и других резино-технических изделий, а также транспортного средства в целом.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие свойства обуславливают надежность?
2. Какие показатели относятся к безотказности?
3. Какие показатели относятся к долговечности?
4. Какие показатели относятся к ремонтпригодности?
5. Какие показатели относятся к сохраняемости?
6. При решении, каких практических задач может использоваться понятие ведущей функции параметра потока отказов?

Тема-5. Законы распределения отказов -2 часа

План:

- 5.1 Случайные величины, события.
- 5.2 Распределения случайных величин.
- 5.3 Числовые характеристики распределения случайных величин.
- 5.4 Законы распределения отказов.
 - 5.4.1 Нормальный закон распределения.
 - 5.4.2 Закон распределения Вейбулла - Гнеденко.
 - 5.4.3 Логарифмически нормальный закон распределения.
 - 5.4.4 Экспоненциальный закон распределения.

Ключевые слова: вариационный ряд, коэффициент вариации, нормальный закон распределения, закон распределения Вейбулла – Гнеденко, логарифмически нормальный закон распределения, экспоненциальный закон распределения, частота, случайная величина, вероятностные процессы, среднее арифметическое значение, среднеквадратическое отклонение, размах случайных величин.

5.1 Случайные величины, события

Процессы, происходящие в природе и технике, могут быть подразделены на две большие группы:

1. процессы, описываемые *функциональными зависимостями*;
2. *случайные* (вероятностные, стохастические) процессы.

Для *функциональных зависимостей* характерна жесткая связь между функцией (зависимой переменной величиной) и аргументом (независимой переменной величиной), когда определенному значению аргумента (аргументов) соответствует определенное значение функции. Например, зависимость пройденного пути от скорости и времени движения $y=f(x)$ ($S = f(V, t)$).

Вероятностные (*случайные*) процессы происходят под влиянием многих переменных факторов, значение которых часто неизвестно. Поэтому результаты вероятностного процесса могут принимать различные количественные значения, т. е. обнаружить *рассеивание* или, как говорят, *вариацию*, и называются *случайными величинами*.

Детали выходят из строя при разных наработках предельного состояния $L_1, L_2, \dots, L_N$. Отказ -событие достоверное, а пробег, при котором происходит отказ, величина случайная. Например, все эксплуатируемые изделия (транспортные средства) при достижении предельного состояния списывается, т.е. это достоверное событие, а наработка до списания является случайной величиной.

5.2 Распределения случайных величин

Для решения инженерных задач (например, определения потребности в замене деталей, сборочных единиц, агрегатов на планируемый период по парку транспортных средств, или планирование производства запасных частей) требуется знание ресурса и как группируются частные ресурсы около среднего.

Так возникает необходимость в знании закона распределения отказов (наработок до предельного состояния). **Под законом распределения** случайных величин понимают всякое соотношение, устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины L и соответствующими им плотностями вероятности $f(L)$, функциями $F(L)$, вероятностями $R(L)$. Закон распределения -это связь между случайной величиной L и частотой ее появления:

$$p = \frac{m}{N} ; \quad (5.1)$$

где p – частота появления отказа в интервалах пробега;

m - количество отказов по интервалам пробега;

N -объем выборки, т.е. число подконтрольных изделий.

Законы распределения случайных величин, зависят от причины появления отказов.

5.3 Числовые характеристики распределения случайных величин

Если зафиксировать значения параметров технического уровня Y_d , то моменты достижения этого состояния (ресурса) L_p у разных изделий будут различны, т.е. наработка на отказ будет случайной величиной и будет иметь вариацию L_{p1}, L_{p2}, L_{p3} (рис. 5.1).

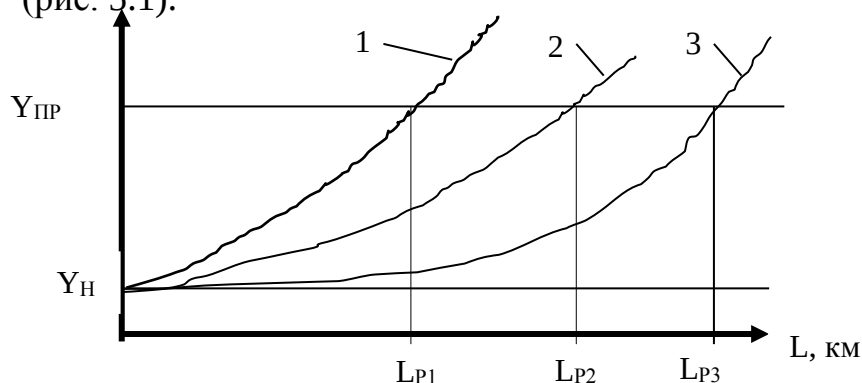


Рис. 5.1. Вариация ресурса и технического состояния изделия

Для определения характеристики случайных величин необходимо статистические информации. Статические информации получают в результате проведенных испытаний изделий на надежность или по отчетным данным на определенный период. Например, если зафиксировать значение параметра, на уровне ($Y_{ПР}$), то моменты достижения этого состояния (ресурсы) L_p разных изделий будут разные, т. е. $L_{p1} \neq L_{p2} \neq L_{p3} \neq \dots \neq L_{pn}$.

а) Построение вариационного ряда

Сначала выписывается ($L_{\min}$) и ($L_{\max}$) значения случайной величины. Далее выписывается вариационный ряд по мере возрастания и можно представить его в следующей форме:

$$L_{\min} \leq L_2 \leq \dots L_i \leq \dots \leq L_{\max} \quad (5.2)$$

где L_i - наработка на отказ рассматриваемого i -го изделия, тыс. км.

Для обработки статистической информации по интервалам, необходимо определить следующие:

– **размах случайных величин:**

$$Z = L_{\max} - L_{\min} \quad (5.3)$$

– Для определения ориентировочного числа интервалов (K), попадания числа случайных величин, полученных в результате наблюдения, может быть использована следующая зависимость:

$$K = 1 + 3,3 \lg(N_0) \quad (5.4)$$

где N_0 – число объектов изделий, находящихся под наблюдением.

Число интервалов должно быть целое число, его округление производится в сторону увеличения (в некоторых случаях число интервалов можно принимать от 7 до 12).

- **определение величины интервала:** Величину интервала пробега (ΔL) можно определить по следующей формуле:

$$\Delta L = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{K} \quad (5.5)$$

– **определение значения границ j -го интервала:**

$$A_j = L_{\min} + \Delta L \cdot (j - 1) \quad (5.6)$$

$$B_j = L_{\min} + \Delta L \cdot j \quad (5.7)$$

где j - число интервалов, $j=1, K$

A_j - начало границы j -го интервала пробега, тыс. км.

B_j – конец границы j -го интервала пробега, тыс. км.

- **определение экспериментальной частоты попадания случайной величины в j -ый интервал.**

Условие попадания случайной величины выражается в следующем:

$$L_j \geq A_j \quad \text{и} \quad L_j \leq B_j \quad (5.8)$$

Используя это условие, подсчитывают количество значений случайной величины, попавших в j -ый интервал. Это будет частота (m_j) данного интервала;

– **определение частоты отказа (P_j) j -го интервала:**

$$p_j = \frac{m_j}{N_0} \quad (5.9)$$

б) определение среднее арифметического значение - $\bar{L}$;

среднее арифметическое значение случайных величин определяется так:

$$\bar{L} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{N_0} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} \bar{l}_i}{N_0}; \quad (5.10)$$

где l_i – наработка i -го изделия до отказа, тыс. км.

При обработке информации по интервалам пробега, это значение определяется по формуле:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{j=1}^K m_j \bar{L}_j}{N_0}; \quad (5.11)$$

где $\bar{L}_j$ - середина j -го интервала пробега;

$$\bar{L}_j = L_{\min} + \frac{\Delta L(2j-1)}{2} \quad (5.12)$$

в) определение **среднеквадратического отклонения** σ , характеризующее вариацию случайных величин около среднего значений $\bar{L}$:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_0} (l_i - \bar{L})^2}{N_0 - 1}} \quad (5.13)$$

по интервалам пробега:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^K m_j (\bar{L} - \bar{L}_j)^2}{N_0 - 1}} \quad (5.14)$$

г) **дисперсия**— D . $D = \sigma^2$. Дисперсией случайной величины называется математическое ожидание квадрата соответствующей центрированной величины, т.е. среднеквадратического отклонения.

д) **коэффициента вариации**— V . Коэффициента вариации определяется отношением среднеквадратического отклонения к среднему значению случайных величин:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{L}} \quad (5.15)$$

Если $\bar{L}$ в механической интерпретации - центр тяжести, то дисперсия момент инерции относительно этого центра тяжести, т.е. $\bar{L}$, $\sigma = \sqrt{D}$, $D = \sigma^2$

В техническом эксплуатации транспортных средств различают следующие вариации случайных величин: с малой $V < 0,1$, со средней $0,1 \leq V \leq 0,33$ и с большой $V > 0,33$ вариаций. Коэффициент вариации V служит для предварительного определения закона распределения отказов.

е) **плотность вероятности (отказа) случайной величины** $f(L)$ – это функция, характеризует вероятность отказа за малую единицу времени при работе элемента (детали, узла, агрегата) без замены.

$$f(L) = \frac{1}{m} \int_L^{\infty} \frac{dm}{dL}; \quad (5.16)$$

где dm/dL –элементарная “скорость” с которой в любой момент времени происходит приращение числа отказов элемента без замены. По данным экспериментальных исследований $f(L)$ определяется так:

$$f_j^*(L) = \frac{p_j}{\Delta L} \quad (5.17)$$

и) **вероятность (функция) отказов определяется по формуле** (4.2). Дифференцируя $F(L)$ при условии $N_0 = \text{const}$, определяем плотность вероятности (отказа) случайной величины $f(L)$:

$$f(L) = F'(L), \quad (5.18)$$

или

$$F(L) = \int_{-\infty}^L f(L) dL \quad (5.19)$$

Поэтому $F(L)$ называют интегральной функцией распределения, а $f(L)$ – дифференциальной функцией распределения (рис. 5.2).

Если известно $f(L)$ можно определить среднюю наработку до отказа:

$$\bar{L} = \int_{-\infty}^{\infty} L \cdot f(L) dL \quad (5.20)$$

Кроме того, если известно значение $f(L)$, то тогда за интервал пробега ΔL можно определить предвараительный количества отказов $m(L)$. Для этого значение $f(L)$, количества изделий и интервал пробега ΔL умножается, т.е $m(L) = f(L) \cdot N_o \cdot \Delta L$.

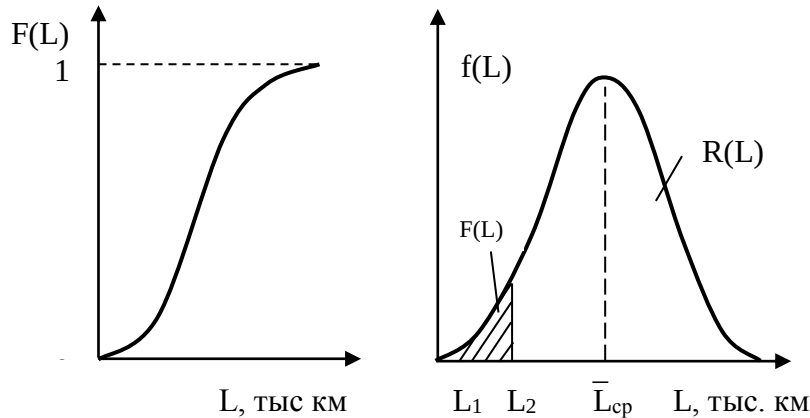


Рис. 5.2. Интегральная $F(L)$ и дифференциальная функция $f(L)$ распределения случайных величин

Распределение дифференциальной функции – $f(L)$, также называется законом распределения случайных величин.

На основание плотности распределения отказов $f(L)$, можно определить вероятность безотказной работы, для этого значение $f(L)$ умнажается на величину интервала. Из графика плотности распределения отказов, вероятность безотказной работы определяется площадью занимаемого $f(L)$.

Пример. Под наблюдением взято $N_o = 24$ изделий. Результаты числовых характеристик распределения случайных величин приведении в рис. 5.3 и 5.4. Для проверки гипотеза о виде закона статистического распределения используем критерию А. Н. Колмогорова. Сущность использования критерия А. Н. Колмогорова заключается в следующем: вычисляется по интервалам величина D_j :

$$D_j = \max |F_j^*(L) - F_j(L)|, \quad (5.21)$$

Для данного примера $D_2 = \max |F_2^*(L) - F_2(L)| = 0,3750 - 0,2487 = 0,1253$ критерия согласия А. Н. Колмогорова определяется так:

$$\lambda = D \cdot \sqrt{N_o}, \quad (5.22)$$

$$\text{т.е. } \lambda = 0,1263 \cdot \sqrt{24} = 0,62$$

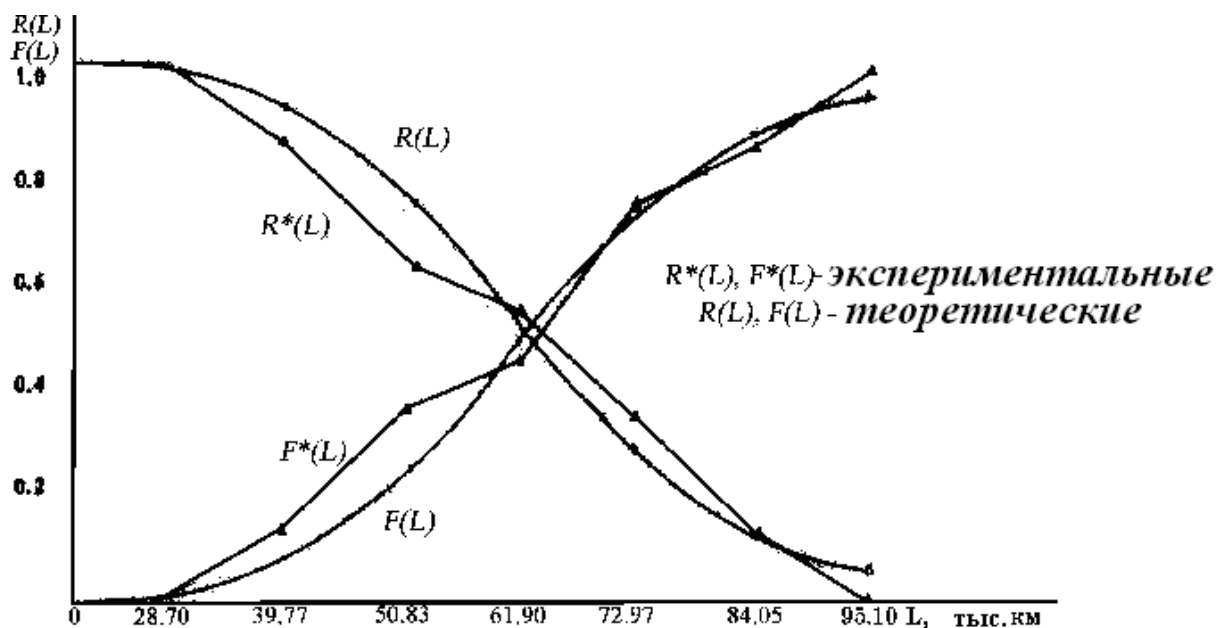


Рис. 5.3. Графики изменения вероятности безотказной работы $R(L)$ и вероятности (функции) отказов $F(L)$ в зависимости от пробега L

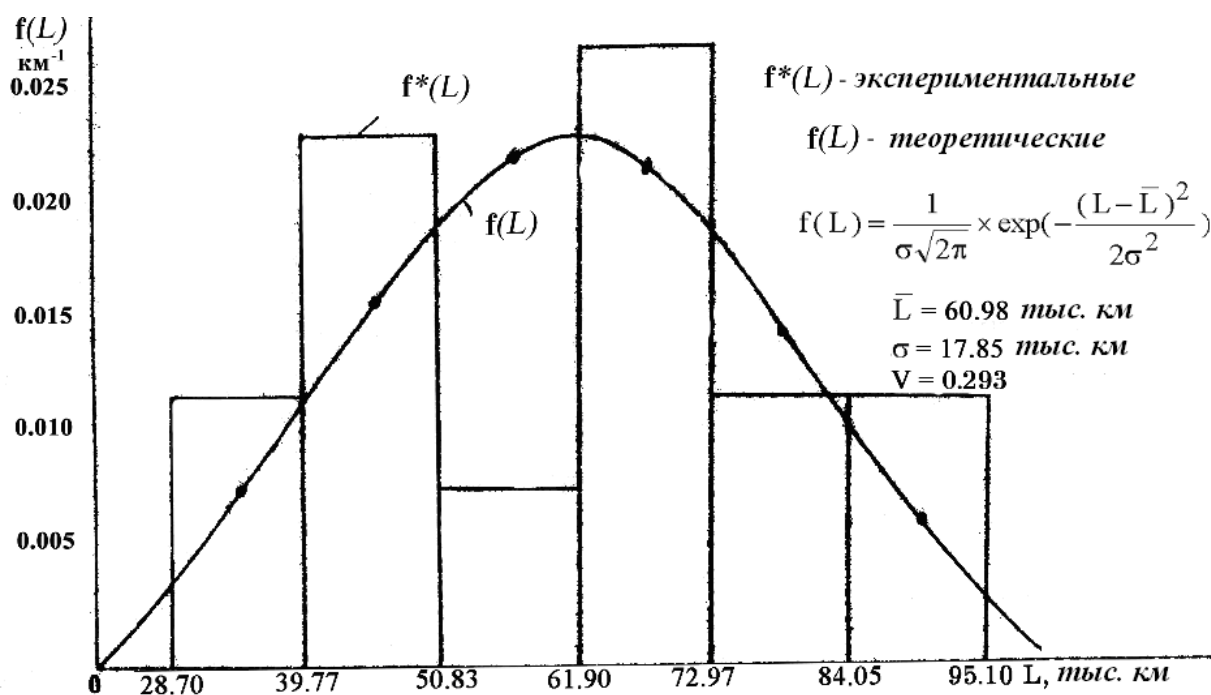


Рис 5.4. Плотность распределения отказов $f(L)$ в зависимости от пробега L .

Значение вероятности $P(\lambda)$ критерии А.Н. Колмагорова определяется в зависимости λ из специальной таблицы. В случае, если вероятность $P(\lambda)$ достаточно велика (более 0,2), то гипотеза о виде закона распределения не отвергается. Для данного примера взято нормальный закон распределения.

На основании результатов расчета построены графики изменения вероятности безотказной работы $R(L)$ и $F(L)$ отказов (рис. 5.3), а также плотности распределения отказов $f(L)$ (рис 5.4) в зависимости от пробега.

Зная законы распределения случайных величин, можно определить время проведения технического обслуживания и текущего ремонта, а также их объем работ и можно рассчитать требуемое количество запасных частей.

5.4 Законы распределения отказов

Характерные законы распределения отказов, законы распределения случайных величин зависят от причин возникновения отказов.

Износные отказы хорошо подчиняются нормальному закону распределения (закон Гаусса). Поломки, обусловленные разрушающими усилиями отражаются экспоненциальными законами. Отказ из-за старения материалов отражается законом Вейбулла-Гнеденно. При совместном действии изнашивания и старения применим логарифмически-нормальный закон распределения.

Каждый из законов обладает определенными свойствами, использование которых позволяют предвидеть отказы элементов, принимать заранее необходимые меры, и в целом прогнозировать возникновение отказов.

5.4.1 Нормальный закон распределения

Такой закон формируется тогда, когда на протекание исследуемого процесса и его результат влияет сравнительно большое число независимых элементарных факторов, каждый из которых в отдельности оказывает лишь незначительное действие по сравнению с суммарным влиянием всех остальных. Нормальный закон относится к двухпараметрическому, т.е. зависит от $\bar{L}$ и σ .

Плотности распределения отказов $f(L)$ этого закона распределения определяется так:

$$f(L) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(L - \bar{L})^2}{2\sigma^2}\right) \quad (5.23)$$

Примечание: $e^{-x} = \exp(-x)$

Плотности распределения отказов $f(L)$ нормального закона является симметричным (рис. 5.5).

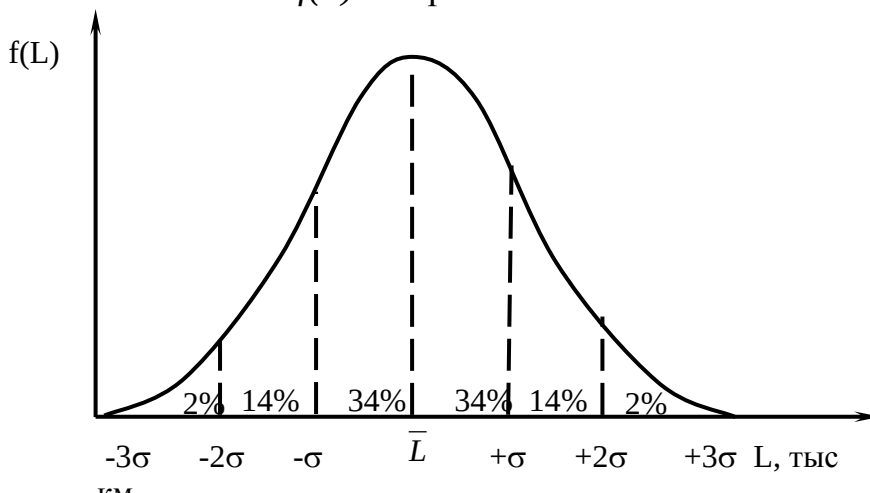


Рис. 5.5. Плотность вероятности отказов $f(L)$

Одной из свойств этого закона, является распределение значение случайных величин от $\bar{L}$ слева и справа составляет 3σ :

$[\bar{L} - \sigma; \bar{L}]$ и $[\bar{L}; \bar{L} + \sigma]$ - составляет по 34%

$[\bar{L}-2\sigma; \bar{L}-\sigma]$ и $[\bar{L}+\sigma; \bar{L}+2\sigma]$ - по 14%
 $[\bar{L}-3\sigma; \bar{L}-2\sigma]$ и $[\bar{L}+2\sigma; \bar{L}+3\sigma]$ - по 2%.

Из формулы (5.23) видно, что при $L = \bar{L}$, $f(L)$ имеет максимальное значение, т.е. $f_{\max}(L) = 1/\sigma\sqrt{2\pi}$.

При увеличении среднеквадратического отклонения σ значение $f_{\max}(L)$ снижается и увеличивается размах Z случайных величин (рис. 5.6).

Если не изменяется среднеквадратическое отклонения σ , а изменяется среднее арифметическое значение $\bar{L}$, при этом кривая распределения будет смещаться вдоль оси абсцисс, не изменяя своей формы (рис. 5.7).

Таким образом среднеквадратическое отклонения σ характеризует форму, а среднее арифметическое значение $\bar{L}$ положение графика плотности распределения на оси абсцисс.

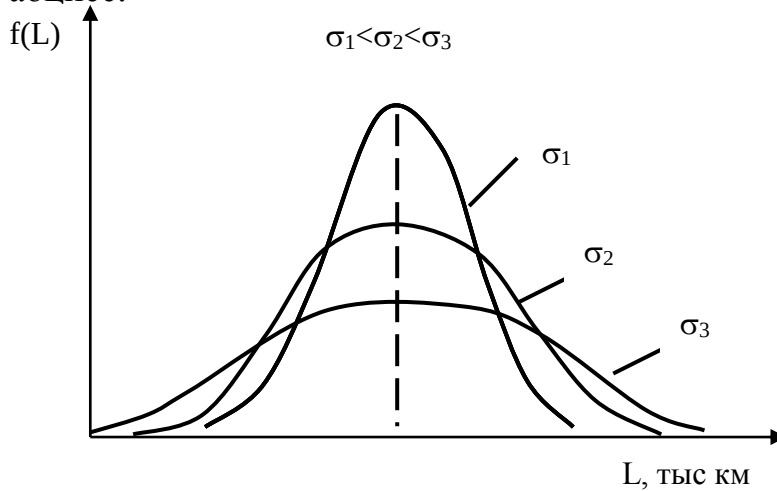


Рис. 5.6. Изменение плотности распределения отказов в зависимости от значения среднеквадратического отклонения σ .

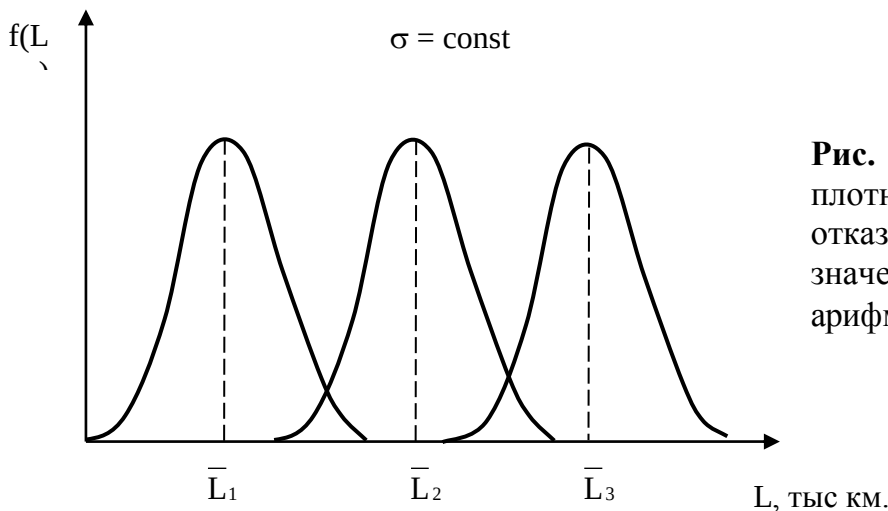


Рис. 5.7. Изменение плотности распределения отказов в зависимости от значения среднего арифметического значения

Некоторые показатели свойств надежности по нормальному закону определяется следующим образом.

Вероятность безотказной работы:

$$R(L) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_L^{\infty} \exp\left(-\frac{(L-\bar{L})^2}{2\sigma^2}\right) dL \quad (5.24)$$

Функция (вероятность) отказов:

$$F(L) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^L \exp\left(-\frac{(L-\bar{L})^2}{2\sigma^2}\right) dL \quad (5.25)$$

Гамма-процентный ресурс:

$$L_{\gamma\%} = \bar{L} - U_{\alpha} \cdot \sigma \quad (5.26)$$

где U_{α} – квантиль нормального закона распределения, берется из специальной таблицы, в зависимости от доверительной вероятности α .

Квантилю U_{α} нормального закона распределения, отвечающей вероятности α , называется число, удовлетворяющее уравнению:

$$F_0(U_{\alpha}) = \alpha \quad (5.27)$$

где $F_0(U_{\alpha})$ – нормированное и центрированное распределения функции нормального закона (при $\bar{L}=0$ и $\sigma=1$); α – вероятность имеет определенные значения.

Зная значение квантиля U_{α} при различных вероятностях α , можно определить соответствующие наработки изделий.

$$L = \bar{L} \pm U_{\alpha} \cdot \sigma \quad (5.28)$$

Примечание: (-) принимается, когда вероятность $\alpha > 0,5$, а (+) когда $\alpha < 0,5$.

Для нормального закона при расчетах часто используется понятие нормированной функции $\Phi(Z)$, т.е. используется функция Лапласа. Для этой функции принимается новая случайная величина Z :

$$Z = \frac{(L - \bar{L})}{\sigma} \quad (5.29)$$

тогда,

$$\Phi(Z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\bar{L}+Z\sigma} \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) d(\bar{L} + Z\sigma) = \int_{-\infty}^Z \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) dZ \quad (5.30)$$

Для нормированной функции $\Phi(Z)$ составлены специальные таблицы, облегчающие расчеты.

Для принятия нормального закона распределения условием по коэффициенту вариации является $V \leq 0,33$. Поэтому закону распределяются ресурсы тормозных накладок, манжеток, шин, втулок и других детали, а также среднесуточные, месячные, квартальные, годовые пробеги транспортных средств.

5.4.2 Закон распределения Вейбулла - Гнеденко

Этот закон проявляется в модели так называемого «слабого звена». Если система состоит из группы независимых элементов, отказ каждого из которых приводит к отказу всей системы, то в такой модели рассматривается распределение времени (пробега) достижения предельного состояния системы как распределение соответствующих минимальных значений L_i отдельных элементов:

$$L_i = \min(L_1; L_2; \dots; L_n) \text{ (рис. 5.8).}$$

Плотности распределения отказов $f(L)$:

$$f(L) = \frac{b}{a} \left(\frac{L}{a} \right)^{b-1} \cdot \exp \left[- \left(\frac{L}{a} \right)^b \right] \quad (5.34)$$

$$a = \frac{\bar{L}}{K_b} \quad (5.35)$$

$$K_b = \Gamma \left(1 + \frac{1}{b} \right); \quad (5.36)$$

где a и b - параметры распределения; K_b - вспомогательный коэффициент; гамма функции $\Gamma(1+1/b)$.

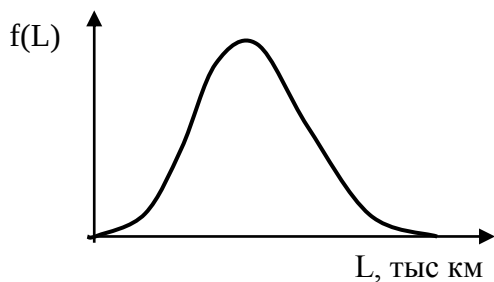


Рис. 5.8. Изменение плотности вероятности отказов $f(L)$ в зависимости от пробега L

Параметры (b) и (K_b) определяется из специальных таблиц в зависимости от коэффициента вариации.

Некоторые показатели свойств надежности по закону Вейбулла - Гнеденко определяется следующим образом.

Вероятность безотказной работы:

$$R(L) = \exp \left[- \left(\frac{L}{a} \right)^b \right] \quad (5.37)$$

Функция (вероятность) отказов:

$$F(L) = 1 - R(L) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{L}{a} \right)^b \right] \quad (5.38)$$

Гамма-процентный ресурс:

$$L_{\gamma\%} = a \left(- \ln \left(\frac{\gamma\%}{100} \right) \right)^{\frac{1}{b}} \quad (5.39)$$

Интенсивность отказов:

$$\lambda(L) = \frac{b}{a} \left(\frac{L}{a} \right)^{b-1} \quad (5.40)$$

Для этого закона в практических задачах технической эксплуатации транспортных средств коэффициент вариации составляет в пределах $V = 0,4 \dots 0,6$. Примером использования этого закона является распределение ресурса подшипника качения, который ограничивается одним из элементов: шарик или ролик, конкретный участок сепаратора, а также прокладки, приводные ремни, уплотнители, шланги и др.

5.4.3 Логарифмически нормальный закон распределения

Если на протекание исследуемого процесса и его результат влияет сравнительно большое число случайных и взаимонезависимых факторов, интенсивность действия, которых зависит от достигнутого случайной величиной состояния, то возникают условия для логарифмически нормального закона.

Плотности распределения отказов $f(L)$:

$$f(L) = \frac{1}{L \cdot \sigma \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(\ln L - a)^2}{2\sigma^2}\right); \quad (5.41)$$

где σ – среднее квадратическое отклонения логарифма случайных величин, тыс. км;
а – среднее арифметическое значения логарифма случайных величин, тыс. км.

$$a = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} \ln L_i \quad (5.42)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N_0} \sum (\ln L_i - a)^2} \quad (5.43)$$

С изменением среднее квадратическое отклонения изменяется значение $f(L)_{\max}$ (рис. 5.9)

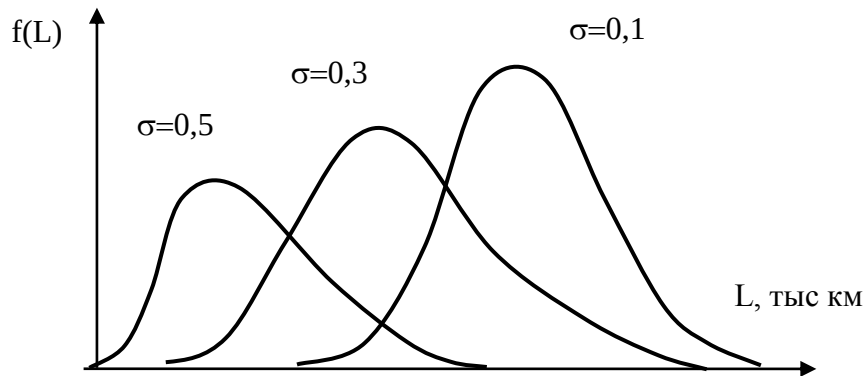


Рис. 5.9. Изменение плотности вероятности отказов $f(L)$ логарифмического нормального закона в зависимости от значения среднее квадратическое отклонения σ и пробег L

Среднее арифметическое значение:

$$\bar{L} = \exp\left(a + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (5.44)$$

Вероятность безотказной работы:

$$R(L) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi\left[\frac{\ln L - a}{\sigma}\right] \quad (5.45)$$

Функция (вероятность) отказов:

$$F(L) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi\left[\frac{\ln L - a}{\sigma}\right] \quad (5.46)$$

Гамма-процентный ресурс:

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi\left[\frac{\ln L_\gamma - a}{\sigma}\right] = \frac{\gamma}{100} \quad (5.47)$$

В технической эксплуатации этот закон (при $V = 0,3...0,5$) встречается при описании процессов усталостных разрушений, коррозии и в ряда других случаев.

5.4.4 Экспоненциальный закон распределения

Этот закон распределения является однопараметрическим, что облегчает расчеты. Экспоненциальный закон распределения используется чаще всего при описании внезапных отказов, в системах массового обслуживания и в ряда других случаев.

Плотности распределения отказов $f(L)$ (рис. 5.10)

$$f(L) = \lambda \cdot \exp(-\lambda \cdot L); \quad (5.48)$$

где λ - интенсивность отказов (для этого закона λ и является параметром потока отказов), 1/изд. тыс. км.

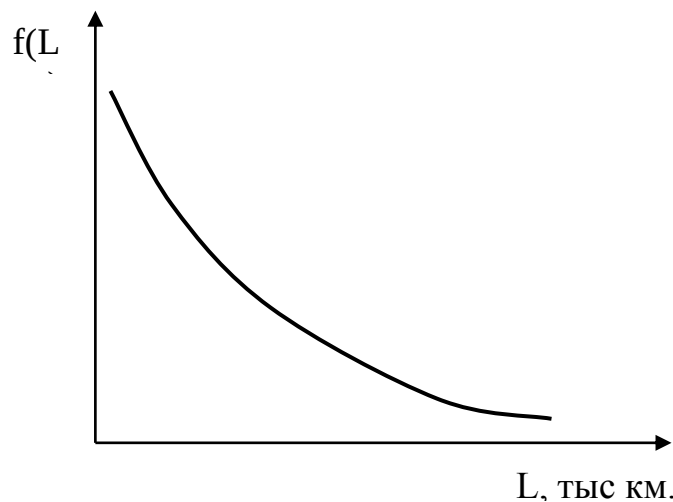


Рис. 5.10. Изменение плотности распределения отказов в зависимости от пробега L

Для этого закона $\lambda = 1/\bar{L}$, $\sigma = 1/\lambda$, т.е. $\bar{L} = \sigma$, $V = 1$

Интенсивность отказов:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{L}} \quad (5.49)$$

Вероятность безотказной работы:

$$R(L) = \exp(-\lambda \cdot L) \quad (5.50)$$

Функция (вероятность) отказов:

$$F(L) = 1 - \exp(-\lambda \cdot L) \quad (5.51)$$

Гамма-процентный ресурс:

$$L_{\gamma\%} = \bar{L} \left(-\ln \frac{\gamma\%}{100} \right) \quad (5.52)$$

Экспоненциальный закон используется чаще всего при описании внезапных отказов, т.е прокол шин, поломка рессор, перегорание лампочек и др.

Вопросы для самоподготовки

1. Что понимается под законом распределения случайных величин?
2. На основании, какого параметра предварительно определяется закон распределения случайных величин?

3. К какому закону распределения подчиняется отказ детали из-за его старения?

4. Как изменяется вариация ресурса изделия от пробега?

5. Как изменяется вариация параметра технического состояния в зависимости от пробега?

6. Какие параметры относятся к характеристикам случайных величин?

Тема-6. Факторы, влияющие на надежность - 2 часа

План:

6.1. Конструктивные факторы.

6.2. Технологические факторы.

6.3. Эксплуатационные факторы.

Ключевые слова: уровень унификации, условия работы, уровень надежности, сложность конструкции, технологические факторы, природно - климатические условия, транспортные условия, дорожные условия, квалификация водителя, конструктивные факторы, качество, интенсивность эксплуатации, эксплуатационные материалы, запасные части, эксплуатационные факторы.

Все совокупность факторов, влияющие на надежность можно условно разделить на три группы: конструктивные, технологические, эксплуатационные.

6.1. Конструктивные факторы

К конструктивным факторам относятся: уровень надежности, уровень сложности конструкции, уровень унификации.

Уровень надежности. Уровень надежности оценивается эксплуатационными показателями транспортного средства, т.е. затратами на его изготовление и содержание в технически исправном состоянии в процессе эксплуатации.

Чем выше уровень надежности транспортных средств, тем ниже потребность в текущих ремонтах, как следствие затраты на поддержание в технически исправном состоянии соответственно уменьшается. Для достижения, этого необходимо усовершенствовать конструкции, а также во время эксплуатации своевременно и качественно необходимо выполнять технических обслуживаний и текущего ремонта.

С понижением уровня надежности транспортных средств повышается потребность в текущих ремонтах. С увеличением пробега с начала эксплуатации транспортного средства, его надежность снижается, т.е. параметр потока отказов возрастает (рис. 6.1).

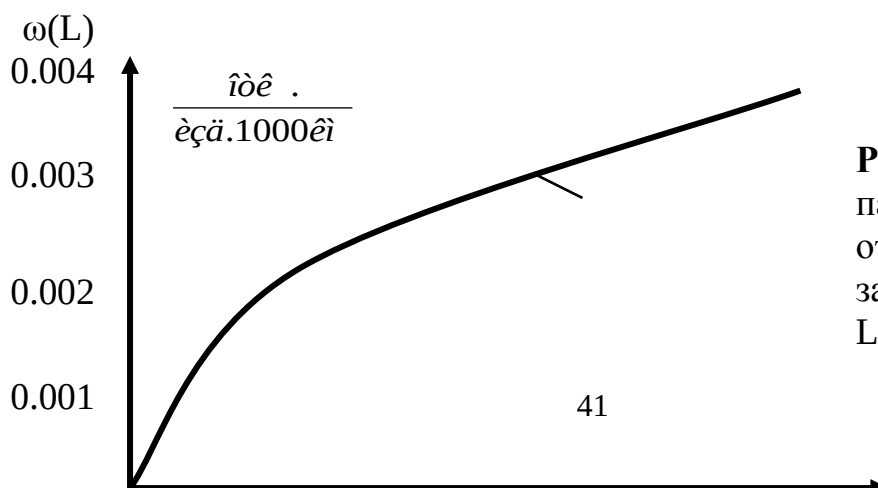


Рис. 6.1. Изменение параметра потока отказов $\omega(L)$ в зависимости от пробега L

Сложность конструкции. При проектировании транспортного средства необходимо учитывать требования, предъявляемые к каждой детали, к каждому узлу, а также конструктивные особенности. По возможности упрощать конструкцию транспортного средства, избегать сложных много деталей конструкций. С позиции теории надежности транспортное средство рассматривается, как последовательное соединение элементов сложной системы.

При возможности расчленения сложной системы на отдельные элементы, для каждого из которых можно отдельно определить вероятность безотказной работы, тогда вероятность безотказной работы транспортного средства определяется так:

$$R_{\text{ON}}(L) = R_A(L) \cdot R_{\text{NO}}(L) \cdot R_{\text{EF}}(L) \cdot \dots \cdot R_i(L) = \prod_{i=1}^p R_i(L) \quad (6.1)$$

где $R_{\text{TC}}(L)$ - вероятность безотказной работы транспортного средства;

$R_D(L)$ - вероятность безотказной работы двигателя;

$R_{\text{NO}}(L)$ - вероятность безотказной работы сцепление;

$R_{\text{KP}}(L)$ - вероятность безотказной работы коробки передач;

$R_i(L)$ - вероятность безотказной работы i -го агрегата;

n – число агрегатов.

При одинаковой надежности агрегатов, т.е.

$$R_D(L) = R_{\text{NO}}(L) = R_{\text{EF}}(L) = R_i(L) = R \quad (6.2)$$

тогда

$$R_{\text{ON}}(L) = R^n \quad (6.3)$$

Вероятность безотказной работы агрегатов, систем, механизмов определяется так:

$$R_{\text{aa}}(L) = R_1(L) \cdot R_2(L) \cdot R_3(L) \cdot \dots \cdot R_j(L) = \prod_{j=1}^m R_j(L) \quad (6.4)$$

где $R_1(L), R_2(L), R_3(L) \dots R_j(L)$ – вероятность безотказной работы 1, 2, ... j -го детали; m – количества деталей в агрегате.

Вероятность безотказной работы транспортного средства, с учетом вероятности безотказной работы агрегатов и их деталей определяется так:

$$R_{\text{TV}}(L) = \prod_{i=1}^n \cdot \prod_{j=1}^m R_{ij}(L) \quad (6.5)$$

где $R_{ij}(L)$ – вероятность безотказной работы j -го детали, по i -ому агрегату.

Уровень унификации. Унификация-это свойство сборочных единиц и агрегатов, характеризуемое сокращением числа их типов одного и того же назначения, применяемых в транспортных системах. Например, к унифицированным элементам относятся: подшипники, сальники, детали электрооборудования, нормали и стандартизированные детали.

Унификация намного упрощает и удешевляет процессы ремонта и технического обслуживания, сводит к минимуму потребную номенклатуру запасных частей и крепежных деталей.

6.2 Технологические факторы

К технологическим факторам относятся: технология производства, качество технического обслуживания и ремонта, качество используемых эксплуатационных материалов, запасных частей и качество хранения.

Качество технического обслуживания и ремонта транспортных средств существенно влияет на изменение их технического состояния, следовательно, и на надежность, топливную экономичность и безопасности движения.

Качество эксплуатационных материалов характеризуется соответствием их показателей требованиям ГОСТ, конструктивным особенностям механизмов, в которых они применяются, климатическим или сезонным условиям и режимам эксплуатации ТС. Применение не соответствующих эксплуатационных материалов вызывает резкое ухудшение эксплуатационных свойств ТС.

Качество запасных частей во многом влияет на надежность ТС.

Запасные части бывают новые, отремонтированные, бывшие в употреблении, от другой модели ТС и изготовленные в хозяйстве.

6.3. Эксплуатационные факторы

К эксплуатационным факторам относятся: дорожные условия, климатические условия, транспортные условия, интенсивность эксплуатации, квалификация водителя.

Интенсивность эксплуатации. Интенсивность эксплуатации зависит от технических скоростей, уровня использования мощности двигателя, суточного, сезонного, годового пробегов, режимов движения (городской, международной и др.).

Квалификация водителя. Квалификация водителя оценивается качеством вождения. Качество вождения обуславливает соответствие режимов работы дорожным условиям и степень приближения их к оптимальным. Оно определяется, мастерством вождения.

Мастерство вождения ТС заключается в достижении высоких технических скоростей движения при обеспечении безопасности, плавности хода и установленного расхода топлива. Мастерство вождения достигается расчетливостью движения и точностью выполнения приемов управления ТС.

Показателями мастерства вождения могут быть: минимальное число переключений передач, разгонов, торможений; минимально возможный период скоростей и нагрузок; отсутствие частых и резких поворотов; обеспечение плавности хода; поддержание соответствующего теплового режима; соблюдение безопасных дистанций; правильный выбор скоростного и нагрузочного режимов, соответствующих условиям движения.

Дорожные условия определяют режим работы транспортных средств. Они характеризуются технической категорией дороги (всего пять категорий), видом и качеством дорожного покрытия, определяющих сопротивление движению ТС; элементами дороги в плане и профиле (шириной дороги, радиусами закруглений, уклоном подъемов и спусков).

Транспортные условия (условия перевозки) наряду со скоростью движения, характеризуются длиной грузовой езды l_g , коэффициентами использования пробега β , грузоподъемности γ , прицепов $K_{пр}$, родом перевозимого груза.

Природно - климатические условия характеризуются температурой окружающего воздуха, влажностью, ветровой нагрузкой, уровнем солнечной радиации и некоторыми другими параметрами.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие факторы влияют на надежность транспортного средства?
2. Какие факторы относятся к конструктивным?
3. Какие факторы относятся к эксплуатационным?
4. Какие факторы относятся к технологическим?
5. Что понимается под сложностью конструкции?
6. Как влияет уровень унификации на надежность ТС?

Тема-7. Испытание изделий на надежность в процессе эксплуатации -2 часа

План:

- 7.1 Цель испытаний на надежность.
- 7.2 Виды испытаний на надежность.
- 7.3 Объекты испытаний на надежность.
- 7.4 Характеристики, оцениваемые при испытании на надежность.
- 7.5 Испытания опытных и серийных образцов.
- 7.6 Планы испытаний на надежность.

Ключевые слова: испытание на надежность; исследовательские испытания; контрольные испытания; объект испытаний на надежность; объект испытаний; полигонные испытания; стендовые испытания; эксплуатационные испытания; параметрический метод; непараметрический метод; план испытаний; завершённые испытания; усечённые испытания.

7.1 Цель испытаний на надежность

Целью испытаний ТС на надежность (подконтрольной эксплуатации) является определение показателей свойств надежности и их оценок путем сбора и статистической обработки полной и достоверной информации.

Под оценками показателей надежности понимают точечную или интервальную (в границах доверительного интервала) оценку, которая с заданной вероятностью содержит истинное значение показателей.

Оценки показателей надежности используют при количественном анализе надежности или при контроле показателей надежности с помощью доверительных границ.

Для вычисления оценок показателей надежности проводят:

1. Выбор плана испытаний на надежность.
2. Планирование испытаний.
3. Сбор необходимой информации.
4. Статистическую обработку информации.

7.2 Виды испытаний на надежность

Испытания на надежность могут быть *исследовательскими*, проводимыми для изучения факторов, влияющих на надежность, и *контрольными*, цель которых – оценка уровня надежности данного изделия. По месту проведения испытания могут быть *стендовыми, полигонными и эксплуатационными*.

В зависимости от решаемых задач испытания на надежность бывают:

по целям: определительные; контрольные; исследовательские.

по срокам: ускоренные; неускоренные.

по методу проведения: разрушающие; неразрушающие.

по этапам жизненного цикла изделия: на стадии исследований, обоснований разработок; на стадии производства; на стадии эксплуатации.

Определительные испытания (эксплуатационные наблюдения) на работоспособность проводят по определенным правилам и программам, регламентированным стандартами и методами, учитывающими опыт развития испытательной техники.

Основное требование при их проведении – обеспечение достоверности, заданной точности и сопоставимости результатов измерений, оценок параметров и показателей эксплуатационных свойств.

Контрольные испытания проводят для контроля качества продукции, оценки уровня надежности изделия и его сравнение с нормативным для экономически целесообразной эксплуатации ТС

Контрольные испытания бывают: *предварительные, государственные, межведомственные, ведомственные, периодические* (для изделий текущего производства), *типовые* (проводят до и после внесения изменений в конструкцию для определения эффективности последних), *приемосдаточные* (для проверки соответствия изделия и его частей ТУ).

Исследовательские испытания проводят для изучения факторов, влияющих на надежность, выявления связей между изменениями параметров рабочих процессов и для определения эффективности применения машин в эксплуатации.

7.3 Объекты испытаний на надежность

Объект – общее наименование изделия (ТС, агрегат, узел, деталь и т.д.).

Система – объект, предназначенный для самостоятельного выполнения заданных функций.

Объектом испытаний могут быть: образцы; детали; узлы машины и агрегаты; машина в целом; система машин (когда показатели надежности учитывают взаимодействие отдельных машин, связанных в единый производственный комплекс).

Объектами испытаний на надежность должны быть однотипные изделия, не имеющие конструктивных или других различий, изготовленные по единой технологии и испытываемые в идентичных условиях.

Выборочный метод состоит в том, что вместо общей или генеральной совокупности объектов, изучается только часть этих единиц. Иными словами

производится выборка из генеральной совокупности. По результатам исследования выборки делается заключение о характеристиках генеральной совокупности.

Основной признак выборочного метода – случайный отбор единиц из генеральной совокупности. Любая из единиц генеральной совокупности имеет равную возможность с остальными единицами попасть в выборку. Полученная в результате такого отбора выборка является представительной (репрезентативной)

Репрезентативность означает, что выборка правильно отражает все характерные особенности генеральной совокупности.

7.4 Характеристики, оцениваемые при испытаниях на надежность

Могут быть две группы характеристик изделий, которые являются объектом измерений и оценки при испытаниях.

1. Характеристики процессов старения, разрушения и определение соответствующей их степени повреждения изделия (причин изменения технического состояния и потери работоспособности).

2. Характеристики изменения выходных параметров изделия (мощность, КПД, расход топлива), оценка процессов повреждения или изменения выходных параметров изделия.

При испытаниях материалов исследуются те процессы, которые приводят к их разрушению или изменению свойств. Для деталей и сопряжений, кроме повреждений определяются выходные параметры -точность движения, изменения взаимного положения, коэффициент трения и др.

Для механизмов, узлов и, тем более, машин основным объектом измерений являются их выходные параметры.

7.5 Испытания опытных и серийных образцов

Испытания на надежность опытных образцов проводят в составе предварительных или приемо-сдаточных испытаний. Их часто проводят ускоренными методами

Испытания на надежность установочной серии проводят при постановке изделий на серийное производство или при выпуске первой промышленной партии. На этапе серийного производства - в составе периодических или типовых испытаний.

7.6 Планы испытаний на надёжность

Устанавливают количество объектов испытаний, порядок проведения испытаний (восстановлением работоспособного состояния изделия после отказа, заменой отказавшего изделия или без восстановления и замены), и критерий его прекращения. Условно планы испытаний обозначают в виде совокупности букв (по ГОСТ 27.410-87).

1. Для завершённых испытаний: NUN],
 - а) Первая буква: N- число объектов (объем выборки);
 - б) Вторая буква (степень и характер восстановления объектов): U - отказавший объект не восстанавливают, не заменяют;
 - в) Третья буква: N- число отказавших изделий;
2. Для усеченных испытаний: [NUZ]

- а) Первая буква: N- число объектов (объем выборки);
- б) Вторая буква (степень и характер восстановления объектов): U - отказавший объект не восстанавливают, не заменяют;
- в) Третья буква: Z- учитывает наработку отказавших и не отказавших изделий.

Вопросы для самоподготовки

1. С какой целью проводятся испытания изделий на надежность?
2. Какие виды испытаний на надежность могут быть?
3. Какие требования предъявляются к программам наблюдений?
4. Что включает в себя первичная информация о надёжности изделия?

Тема-8 Сбор и обработка информации о надежности изделий в процессе эксплуатации -2 часа

План:

- 8.1 Цели и задачи сбора и обработки информации.
- 8.2 Общие требования к содержанию программы наблюдений.
- 8.3 Основные требования к методам сбора информации.
- 8.4 Основные требования к обработке и анализу информации.
- 8.5 Общие требования к составу регистрируемой информации и формам документов.

Ключевые слова: сбор информации; обработка информации; методы сбора информации; опорное предприятие; перечень наблюдаемых изделий; перечень нормируемых показателей надежности; условия эксплуатации.

8.1 Цели и задачи сбора и обработки информации

Сбор информации о надёжности предусматривает проведение постоянных, периодических или разовых наблюдений за изделиями, фиксация их результатов на носителях информации, изучение справочных данных о надёжности составных частей изделий с учётом их функциональной структуры, о надёжности изделий аналогов и прототипов, проведения экспертной оценки, изучения данных о свойствах материалов, элементов изделий, нагрузках, механизмах отказов, условиях эксплуатации, производственно технической базе.

8.2 Общие требования к содержанию программы наблюдений

1. Программы наблюдений по конкретным изделиям составляют в соответствии с техническим заданием на проведение сбора и обработки информации.

2. Программа наблюдений, в общем случае, определяет:

- цели и задачи сбора информации;
- перечень наблюдаемых изделий;
- число изделий;
- продолжительность наблюдений;
- номенклатуру показателей, по которым собирают информацию;
- периодичность обследований;
- сроки проведения работ;

- периодичность и формы отчетности и др.

8.3 Основные требования к методам сбора информации

1. Сбор информации должен предусматривать проведение постоянных, периодических или разовых наблюдений за изделиями в эксплуатации.

2. Сбор информации осуществляется на основании:

- данных учета, проводимого эксплуатационными и ремонтными предприятиями (путевой лист, ремонтный лист, требование на запасные части);
- результатов наблюдений за изделиями в эксплуатации;
- применения опросных листов (экспертных методов);

3. В процессе сбора информации производят обследование технического состояния изделия на месте его эксплуатации:

- эксплуатационных и ремонтных документов по ГОСТ;
- акты расследования аварий;
- акты рекламаций.

4. Результаты обследования отражают в документах первичной информации о надежности и др.

8.4 Основные требования к обработке и анализу информации

Вся полученная информация в процессе наблюдения является эмпирической. Чтобы ее использовать на практике необходимо, установить теоретические закономерности. Поэтому обработка информации включает:

- классификацию и кодирование исходных данных;
- контроль полноты, достоверности и однородности информации;
- внесение уточнений в исходные данные (при необходимости);
- копирование исходной информации (при необходимости);
- перевод содержания исходной информации на компьютер;
- оценку показателей свойств надежности;
- классификацию причин отказов и предельных состояний по видам, связанных с изготовлением, ремонтом и эксплуатацией и их анализ;
- подготовку исходных данных для разработки мероприятий, направленных на выявление недостатков и повышение надежности изделий в эксплуатации.

8.5 Общие требования к составу регистрируемой информации и формам документов

1. Первичная информация о надежности изделия включает: - данные о месте и условиях эксплуатации;

- общие сведения об изделии;
- характеристику отказов.

2. Данные о месте и условиях эксплуатации фиксируют один раз в начале наблюдений.

Эти данные включают:

- наименование и адрес предприятий;
- характеристику внешних условий (грунт, температурные условия, влажность среды, химическую активность и др.);

- условия использования изделия (загрузку, непрерывность и цикличность работы и т.д.);
- характеристику производственно - технической базы и систему ТО и ремонта;
- условия хранения изделий.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие требования предъявляются к содержанию программ наблюдений?
2. Основные требования к обработке и анализу информации.
3. Какая информация регистрируется во время испытаний?
4. Какие документы используются во время испытаний?
5. Какие требования предъявляются к методам сбора информации?

Тема-9. Применение показателей свойств надёжности в процессе эксплуатации - 2 часа

План:

- 9.1 Режимы технического обслуживания и ремонта.
- 9.2 Определение периодичности технического обслуживания.
- 9.3. Перечень обязательных работ, выполняемых во время технического обслуживания.
- 9.4 Нормы трудоемкости технического обслуживания и ремонта.
- 9.5 Определение ресурсов и норм расхода запасных частей.
- 9.6 Комплексные показатели надежности.
- 9.7 Управление надежностью транспортных средств в эксплуатации.

Ключевые слова: режимы технического обслуживания и ремонта; метод имитационного моделирования; риск; оптимальная периодичность; дифференцированная норма; оперативная время; подготовительно-заключительное время; время обслуживания рабочего места; трудоемкость; запасные части; коэффициент технической готовности; коэффициент выпуска; уровень надежности, управление надежностью.

9.1 Режимы технического обслуживания и ремонта

При определении режимов технического обслуживания и ремонта транспортных средств используются показатели свойств надежности.

Под режимом технического обслуживания и ремонта транспортных средств понимают периодичность воздействий профилактического или ремонтного характера, перечень операций и трудоемкость выполняемых обязательных работ.

Выполнение профилактических работ с оптимальными периодичностями снижают количества отказов. Оптимальная периодичность и объем выполняемых работ во время технического обслуживания определяется изучением потребности диагностических, крепежных, регулировочных, смазочных и других работ в процессе эксплуатации.

9.2 Определение периодичности технического обслуживания

Периодичность ТО -это нормативная наработка между двумя последовательно проводимыми однородными работами ТО. Методы определения периодичности ТО подразделяются на:

- простейшие (метод аналогии по прототипу);
- аналитические, основанные на результатах наблюдений и закономерностях технических эксплуатации транспортных средств;
- имитационные, основанные на моделировании случайных процессов.

Определение режимов ТО и ремонта транспортных средств. Под режимом технического обслуживания и ремонта транспортных средств понимают периодичность воздействий профилактического или ремонтного характера, перечень операций и трудоемкость выполняемых обязательных работ.

Периодичность ТО -это нормативная наработка между двумя последовательно проводимыми однородными работами ТО. Методы определения периодичности ТО подразделяются на:

- простейшие (метод аналогии по прототипу);
- аналитические, основанные на результатах наблюдений и закономерностях ТЭА;
- имитационные, основанные на моделировании случайных процессов.

Метод определения периодичности ТО по допустимому уровню безотказности. Этот метод основан на выборе такой рациональной периодичности, при которой вероятность отказа F элемента не превышает заранее заданной величины, называемой риском (рис 9.1).

Вероятность безотказной работы:

$$R_{д.}(x_i \geq l_0) \geq R_{д} = \gamma, \quad \text{т.е. } l_0 = x_\gamma \quad (9.1)$$

где X_i - наработка на отказ;

$R_{д}$ - допустимая вероятность безотказной работы;

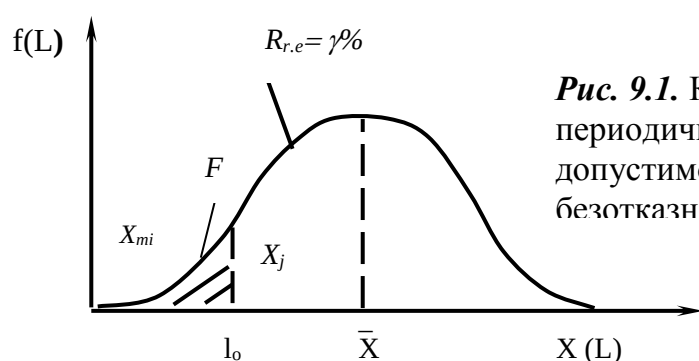


Рис. 9.1. К определению периодичности ТО по допустимому уровню безотказности

$$\gamma = 1 - F$$

l_0 - периодичность ТО;

$X_\gamma = \gamma\%$ ресурс.

Для агрегатов и механизмов, обеспечивающих безопасность движения $R_A = 0,9 \dots 0,98$, для прочих узлов и агрегатов $R_A = 0,85 \dots 0,90$.

Технико-экономический метод. Этот метод сводится к определению суммарных удельных затрат на ТО и ремонт и их минимизации (рис. 9.2).

$$C_{уд} = C_{ТО} + C_{ТР} \quad (9.2)$$

$$\tilde{N}_{\hat{O}\hat{A}} = \tilde{N}_{\hat{O}\hat{I}} + \tilde{N}_{\hat{O}\hat{B}} = \frac{d}{l} + \frac{C \cdot l}{L_{\hat{O}\hat{B}}}, \quad (9.3)$$

где $C_{уд}$ - удельные суммарные затраты на ТО и ТР, сум/тыс. км;

d – стоимость выполнения операции ТО, сум;

l – периодичность ТО, тыс. км;

$L_{ТР}$ – ресурс до текущего ремонта, тыс. км;

C – затраты на ремонт, сум/тыс. км.

Выражение (9.3) является целевой функцией, минимальное значение которой соответствует оптимальному решению. Для определения оптимальной периодичности ТО продифференцируем уравнения (9.3) по l и получим:

$$-\frac{d}{l^2} + \frac{C}{L_{ТР}} = 0, \quad (9.4)$$

тогда

$$l_o = \sqrt{L_{ТР} \times d / C}, \quad (9.5)$$

где l_o — оптимальная периодичность ТО, тыс. км.

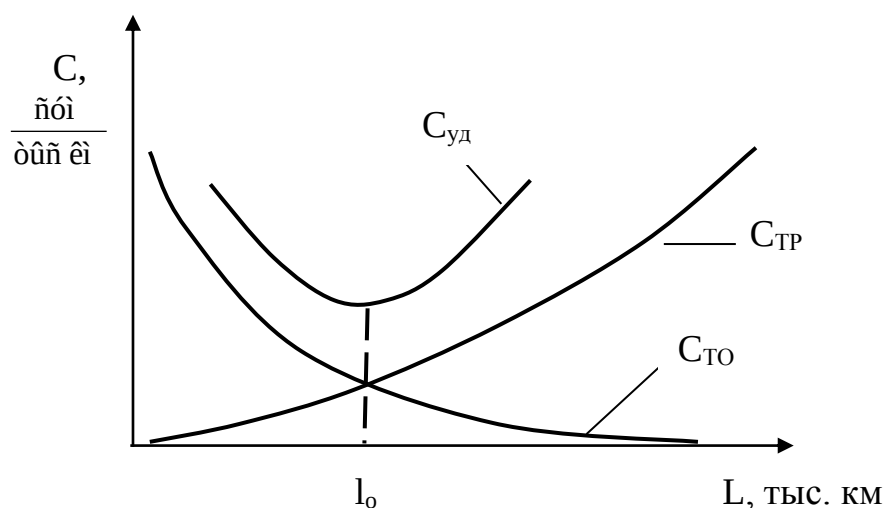


Рис. 9.2. Определение периодичности ТО технико-экономическим методом. $C_{ТО}$ - удельные затраты на ТО, сум/тыс. км; $C_{ТР}$ - удельные затраты на ТР, сум/тыс. км.

Минимальным затратам ТО и ТР соответствует оптимальная периодичность технического обслуживания l_o .

Метод статистических испытаний. Этот метод основан на имитации (моделировании) реальных случайных процессов ТО, что дает возможность ускорить испытания (рис. 9.3).

Исходным материалом для моделирования служат как фактические данные, полученные при наблюдении, так и законы распределения случайных величин. Предварительно назначают на основании имеющегося опыта или наблюдений одно или несколько значений периодичности ТО (l_1, l_2 , и т.д., а также V_1)

По результатам наблюдений или расчетным путём создаются два массива данных: наработки на отказ $[X_i]$ и периодичности ТО $[L_j]$.

Из массива данных, содержащих сведения по наработкам на отказ, извлекается случайным образом конкретное значение наработки до отказа X_i . Затем из второго массива, где находятся данные по фактическим периодичностям ТО, извлекается конкретное значение l_j , определяемое с учетом средней периодичности l и ее вариации V_l . Пара чисел X_i и l_j называется реализацией.

Если $X_i < l_j$ то фиксируется отказ. При $X_i \geq l_j$ фиксируется отсутствие отказа, т.е. выполнение операции ТО. Таким образом получают оценку вероятности отказа и профилактического выполнения операции. Если при опытах вероятность отказа оказалась больше заданной, то принимают уменьшенную периодичность и повторяют серию опытов.

9.3. Перечень обязательных работ, выполняемых во время технического обслуживания

Во время технического обслуживания выполняются следующие обязательные профилактические работы:

- **контрольно-диагностические работы** предназначены для определения и обеспечения соответствия транспортного средства требованиям безопасности движения и воздействия его на окружающую среду, для оценки технического состояния агрегатов, узлов без их разборки;

- **регулировочные работы** предназначены для восстановления работоспособности систем и узлов транспортных средств без замены составных частей;

- **крепежные работы** предназначены для обеспечения нормального состояния (затяжки) резьбовых соединений;

- **смазочные работы** предназначены для уменьшения интенсивности изнашивания и сил сопротивления в узлах трения, а также для обеспечения нормального функционирования систем, содержащих технические жидкости, смазки;

- **электрические работы** предназначены для предотвращения отказов и неисправностей по электрооборудованию транспортных средств в процессе эксплуатации;

- **аккумуляторные работы** предназначены для контроля внешнего состояние аккумуляторной батареи, ее заряженности, проверку уровня и плотности электролита и др. операций;

Полное и своевременное выполнение этих работ играет важную роль в обеспечении надежности в процессе эксплуатации транспортных средств.

9.4 Нормы трудоемкости технического обслуживания и ремонта

Трудоемкость - это затраты труда на выполнение в заданных условиях операции или группы операций ТО или ремонта. Трудоемкость измеряется в нормо-единицах (человеко-часах, человеко-минутах).

На автомобильном транспорте действуют следующие виды норм:

- **дифференцированные**, устанавливаемые на отдельные операции или их части – переходы (смена масла, регулирование клапанного механизма; замена свечи и т.д.);

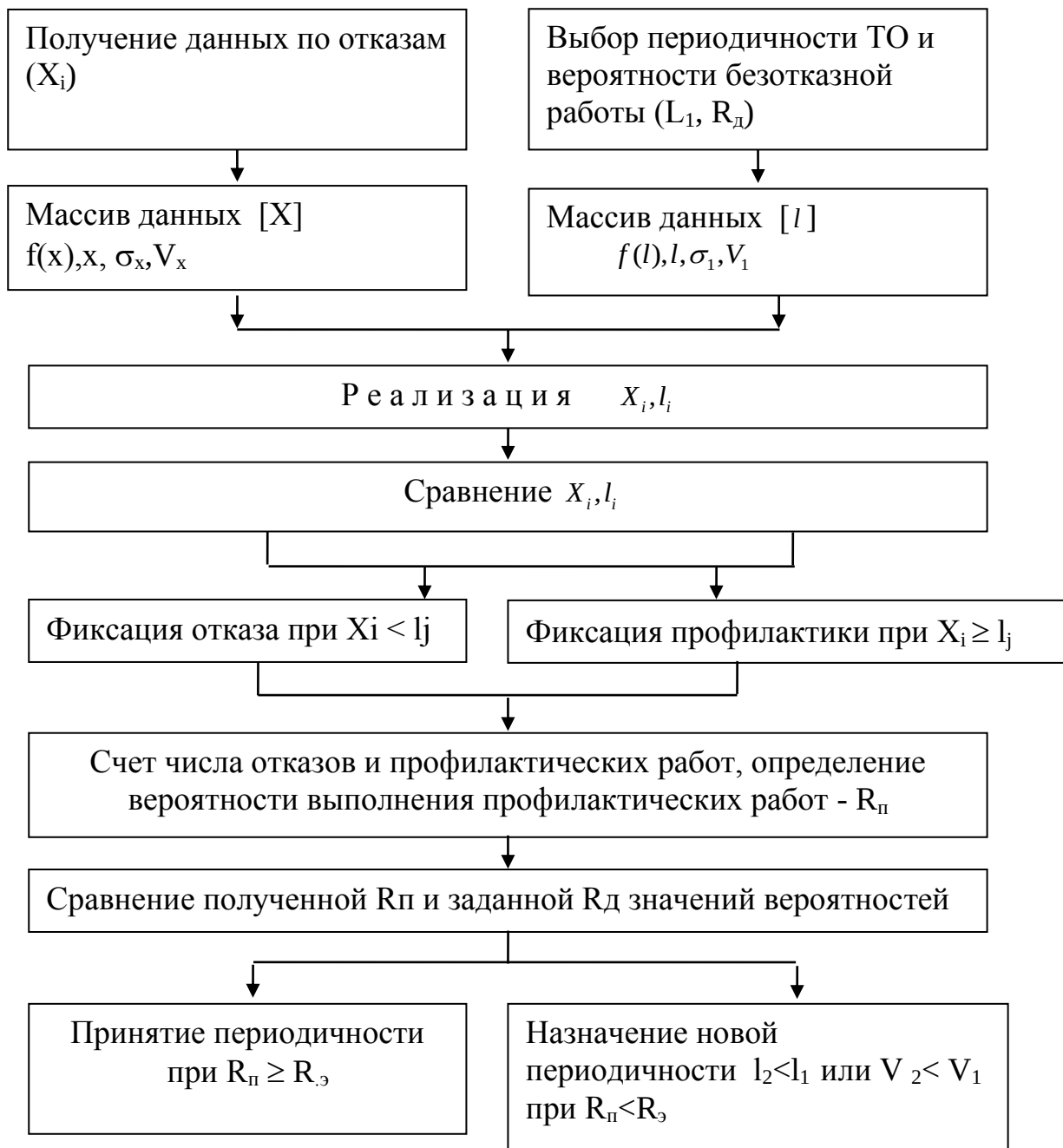


Рис. 9.3. Схема определения рациональной периодичности ТО с помощью имитационного моделирования

- **укрупненные** – на группу операций, вид ТО и ремонта (мойка, крепежные работы при ТО-1 или ТО-2, замена ведомого диска сцепления и т.д.);

- **удельные**, относимые к пробегу автомобиля, чел.-час/1000 км (нормирование текущего ремонта).

Норма трудоемкости выполнения операций технического обслуживания или текущего ремонта (H_T) определяется так:

$$\dot{I}_{\text{о}} = K \cdot t_{\text{н}} \left(1 + \frac{a_{\text{лс}} + \dot{a}_{\text{лн}} + \dot{a}_{\text{лоа}}}{100} \right), \quad (9.6)$$

где $t_{\text{оп}}$ – оперативное время, чел-мин;

$a_{\text{пз}}$ – доля подготовительно-заключительного времени, %;

$a_{\text{обс}}$ – доля времени обслуживания рабочего места, %;

$a_{отд}$ – доля времени на отдых и личные надобности, %;

K – коэффициент повторяемости.

Оперативное время $t_{оп}$, необходимое для выполнения производственной операции, подразделяется на основное $t_{ос}$ и вспомогательное $t_{всп}$. В течение основного времени осуществляется собственно операция, например регулирование тормозов, замена масла в агрегате, снятие агрегата с автомобиля и т.д. Вспомогательное время необходимо для обеспечения возможности выполнения операции, например время установки автомобиля на пост ТО или ремонта, обеспечение доступа к объекту обслуживания или ремонта и т.д.

Подготовительно-заключительное время $t_{п.з}$ необходимо для ознакомления исполнителя с порученной работой, подготовки рабочего места и инструмента, материалов, сдачи наряда и др.

Время обслуживания рабочего места $t_{обс}$ необходимо для ухода за рабочим местом и применяемым инструментом или оборудованием (уборка, смена инструмента, размещение оборудования и приспособлений и т.д.).

В норме трудоемкости учитывается также необходимость перерыва на **отдых и личные надобности $t_{отд}$** .

Время на обслуживание рабочего места, перерывы на отдых и личные надобности называется дополнительным.

При определении или изменении норм используют так называемую фотографию рабочего времени, хронометражные наблюдения, метод микроэлементных нормативов времени.

9.5 Определение ресурсов и норм расхода запасных частей

При нормировании ресурса используются следующие показатели:

- средний ресурс;

- $\gamma\%$ ресурса (85-90%).

Эти показатели определяются по результатам наблюдений или по отчетным данным и используются для установлении следующих нормативов:

- ресурс транспортного средства и агрегатов до первого капитального ремонта;

- средний срок службы(в годах);

- ресурс транспортного средства до списания и др..

Нормы расхода запасных частей необходимы при планировании их производства и для определения объема заказа запасов, а также затрат на запасные части для АТП.

Применяются укрепленные и номенклатурные нормы.

Укрепленные нормы затрат на запасные части в процессе эксплуатации АТС служат для целей планирования ТО и ремонта.

Нормы расхода запасных частей по интервалам пробега используются для определения потребности в запасных частях с учетом общего пробега транспортного средства.

Номенклатурная норма устанавливает средний расход запасных частей (по каждой детали) в штуках на 100 транспортного средства в год.

Расчет норм расхода запасных частей по ресурсам деталей:

$$H = \frac{100 \cdot n(L_a - L_1)}{L_2 \cdot t_a}, \quad (9.7)$$

где L_a - амортизационный пробег транспортного средства, тыс. км

L_1 - средний ресурс детали до первой замены (установленных на заводе), тыс.

км

L_2 - средний ресурс детали между заменами (установленных в эксплуатации при устранении отказов)

t_a - амортизационный срок службы транспортного средства, лет ($t_a = L_a / L_{\bar{a}}$);

n - число деталей одного наименования на транспортном средстве.

Это уравнение используется в случае, когда $L_a > L_1$.

9.6 Комплексные показатели надежности

В процессе эксплуатации транспортные средства, с определенной вероятностью, может быть исправной и неисправной. Эти условия оцениваются с соответствующими коэффициентами:

1. Коэффициент выпуска. Коэффициент выпуска транспортного средства на линию за календарный период определяется так:

для одного транспортного средства:

$$\alpha_{\hat{A}} = \frac{\hat{E}_{\hat{Y}}}{\hat{E}_{\hat{Y}} + \hat{E}_{\hat{D}} + \hat{E}_{\hat{I}}}, \quad (9.8)$$

на парк транспортных средств:

$$\alpha_{\hat{A}} = \frac{\hat{\Delta E}_{\hat{Y}}}{\hat{\Delta E}_{\hat{Y}} + \hat{\Delta E}_{\hat{D}} + \hat{\Delta E}_{\hat{I}}}, \quad (9.10)$$

где α_B – коэффициент выпуска транспортного средства на линию; $K_{\mathcal{E}}$ - число дней эксплуатации транспортного средства (количество дней на линии); K_P – количество дней простоя транспортных средств в техническом обслуживании и ремонте (в текущем и капитальном); K_{Π} – количество простаивающих технически исправных транспортных средств (без водителя, без горюче-смазочных материалов, шин, выходные дни и др.); $AK_{\mathcal{E}}$ – количество транспортных средств, находящихся на линии, машина – дней; AK_P – количество транспортных средств, находящихся в ремонте, машина – дней; AK_{Π} – количество простаивающих технически исправных транспортных средств (без водителя, без горюче-смазочных материалов, шин, выходные дни и др.), машина – дней.

2. Коэффициент технической готовности. Коэффициент технической готовности транспортного средства определяется так:

для одного транспортного средства:

$$\alpha_T = \frac{\hat{E}_{\hat{Y}} + K_{\hat{I}}}{\hat{E}_{\hat{Y}} + \hat{E}_{\hat{D}} + K_{\hat{I}}}, \quad (9.11)$$

на парк транспортных средств:

$$\alpha_T = \frac{\hat{\Delta E}_{\hat{Y}} + \hat{\Delta K}_{\hat{I}}}{\hat{\Delta E}_{\hat{Y}} + \hat{\Delta E}_{\hat{D}} + \hat{\Delta K}_{\hat{I}}}, \quad (9.12)$$

α_T - является показателем характеризующего работоспособность транспортного средства или ее парка.

9.7 Управление надежностью транспортных средств в эксплуатации

Управление надежностью преследует цель полной реализации свойств надежности, заложенных при конструировании и обеспеченных производством как новых, так и капитально отремонтированных транспортных средств.

Экспериментально можно определить интервальные затраты на поддержание надежности в эксплуатации.

$$C_{\text{ин}}(L) = C_{\text{ср}}(L) + C_T(L) + C_M(L) + C_{\text{пр}}(L), \quad (9.13)$$

где $C_{\text{ин}}(L)$ -интервальное удельные затраты на поддержание надёжности в процессе эксплуатации, сум/тыс.км;

$C_{\text{ср}}(L)$ - удельные затраты на запасные части, сум/тыс.км;

$C_T(L)$ - удельные затраты на оплату труда ремонтного персонала, сум/тыс.км;

$C_M(L)$ - удельные затраты на материалы, сум/тыс.км;

$C_{\text{пр}}(L)$ - удельные затраты на компенсацию простоев, сум/тыс.км.

Вопросы для самоподготовки

1. Что понимается под режимом ТО?
2. Что такое периодичность ТО?
3. Какие методы существуют для определения периодичности ТО?
4. Как определяется периодичность ТО при методе статических испытаний?
5. Каким методами определяются расход запасных частей?
6. Как определяются коэффициент технической готовности в процессе эксплуатации (для одного транспортного средства и на парк транспортных средств)?
7. Как определяются коэффициент выпуска транспортных средств и на парк транспортных средств?
8. Что понимается под нормативом технической эксплуатации?

II. Модул. Основы диагностирования транспортных средств

Тема-10. Цель и задачи диагностики -2часа

План:

10.1 Техническая диагностика

10.2 Цель и задачи диагностики

10.3 Диагностическое обеспечение транспортных средств на стадиях их создания и эксплуатации

10.4 Требования к техническому диагностированию транспортных средств.

Ключевые слова: техническое состояние; цель диагностики; задачи диагностики; техническая диагностика; процесс диагностирование; контроль технического состояния; технический диагноз; результат контроля; параметр; информация о техническом состоянии.

10.1 Техническая диагностика

Транспортное средство, его составные части характеризуются количественными и качественными характеристиками, проявляющимися в определённых условиях эксплуатации, которые называются свойствами (например, тягово-скоростные, тормозные, устойчивость, плавность хода и др.). Совокупность свойств определяет степень пригодности транспортного средства или его элемента для использования по назначению и выражает его специфику и отличие от других транспортных средств (элементов). Качественная мера, характеризующая свойства объекта – транспортного средства, его систем, механизмов, процессов называется **параметром**. Параметры характеризуются количественными значениями, определяющими их величину (размер).

Технической документацией устанавливаются значения параметров, которые при определённых условиях внешней среды, в определённый момент времени характеризуют **техническое состояние** транспортного средства или его элемента.

Область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния транспортных средств, их составных частей называется **технической диагностикой**. Диагностика (*греч. diagnostics*) – способный распознавать.

Определение технического состояния транспортного средства или его составной части, проводимое без разборки или с частичной разборкой для присоединения средств технического диагностирования называется **техническим диагностированием**.

Своевременное обнаружение и устранение неисправностей двигателя, агрегатов трансмиссии или ходовой части улучшает на 5...10% тягово-экономические показатели, увеличивает мощность двигателя, в 2-3 раза улучшает экологические показатели.

Техническое диагностирование оказывает большое влияние на эффективность и безопасность использования транспортных средств. Использование технического диагностирования приводит к предупреждению отказов, снижению простоев по причинам технических неисправностей, способствует получению дополнительной прибыли автопредприятиями.

10.2 Цель и задачи диагностики

Целью технического диагностирования является определение технического состояния транспортного средства. Техническая диагностика предоставляет необходимые для достижения данной цели методы и средства.

Задачами технического диагностирования являются контроль технического состояния, поиск места и определение причин отказа или неисправности и прогнозирование технического состояния транспортного средства.

Задача контроля решается определением вида технического состояния (исправное, работоспособное, неисправное, неработоспособное и т.д.) в зависимости от текущих значений параметров технического состояния и их соотношения с установленными технической документацией. Контроль технического состояния устанавливает факт наличия отклонения параметров, характеризующих техническое состояние, от предельных значений, предписанных технической документацией для установленных условий проведения контроля.

Данная задача, например, решается при определении возможности дальнейшей эксплуатации транспортного средства - при проведении государственных технических осмотров или выпуске транспортного средства на линию, когда контролируются узлы и детали, влияющие на безопасность движения и экологические свойства транспортного средства.

Задачу контроля решают так же для уточнения дальнейшего направления диагностирования при проведении диагностирования сложных объектов. Контроль технического состояния транспортного средства является составной частью процесса диагностирования, причём его начальной стадии. После проведения контроля, в случае наличия объективной необходимости, проводят поиск места и определение причин отказа или неисправности.

В последние годы отмечается тенденция усложнения и совершенствования диагностического оборудования за счет широкого применения микропроцессорной техники, автоматизации рабочих процессов, упрощения подключения и приведения в действие оборудования. Например, все ведущие фирмы (FIAT" - Италия, GOFMAN" - Германия, "SUN", "GM" - США, "DAEWOO" в Южной Корее, "TOYOTA" - Япония и т.д.) перешли к выпуску автоматизированных мотор - тестеров. При этом все процессы замера значений параметров и постановка диагноза производятся автоматически с помощью микропроцессора, и на экран дисплея в итоге выводятся обработанные результаты диагностирования в виде указаний по проведению необходимых ремонтно-регулирующих операций и замен.

10.3 Диагностическое обеспечение транспортных средств на стадиях создания и эксплуатации

Основные конструктивные мероприятия, направленные на диагностическое обеспечение транспортных средств:

1. упрощение конструктивной схемы транспортных средств, уменьшение числа составляющих элементов путем ее рационализации;

2. установка различных датчиков, контрольно-измерительных и регистрирующих устройств, сигнализирующих об изменении технического состояния и о возникновении отказов основных элементов транспортных средств;

3. повышение уровня ремонтпригодности транспортных средств более рациональной компоновкой ее элементов;

4. повышение приспособленности транспортных средств к диагностическим процедурам.

В процессе эксплуатации транспортных средств техническая диагностика проводится в следующих случаях:

- перед вводом в эксплуатации транспортных средств;
- во время или перед ТО и ТР;
- после проведения ТО и ТР.

Требования к технической диагностике в процессе эксплуатации транспортных средств:

1. Соответствовать требованиям, обусловленным особенностями технической эксплуатации ТС.

2. Обеспечение своевременности проверки технического состояния и предотвращение простоев ТС по техническим причинам.

3. Обеспечение высокой точности измерений с малой трудоемкостью.

4. Экономическая целесообразность.

10.4 Требования к техническому диагностированию транспортных средств

Основными требованиями к диагностике являются:

1. Развитие бортовой и встроенной диагностики.

2. Расширение номенклатуры диагностических параметров.

3. Получение индивидуальной информации.

4. Применение микропроцессорной техники в средствах технической диагностики (СТД), при хранении и обработке информации, выдача информации в виде готовых выводов, а не параметров.

5. Согласование внешних и встроенных СТД.

6. Повышение точности и достоверности диагностирования

Вопросы для самоподготовки

1. Какова цель технической диагностики?

2. На основании чего ставится диагноз о техническом состоянии?

3. В процессе эксплуатации, в каких случаях производится диагностирование?

4. Зарубежный опыт по диагностированию технического состояния транспортных средств.

5. Какие требования предъявляются к техническому диагностированию?

Тема-11. Основные понятия и определения диагностики -2 часа

План:

11.1 Дефект, поиск дефекта.

11.2 Структура разновидностей систем диагностирования.

11.3 Контроль и постановка диагноза.

11.4 Модели объектов диагностирования.

11.5 Показатели оценки контролепригодности.

Ключевые слова: Дефект, система диагностирования, контроль, диагностирование, модели объектов диагностирования, функциональные модели, структурные модели, контролепригодность, коэффициент контролепригодности; коэффициент безразборного диагностирования.

11.1 Дефект, поиск дефекта

Рассматриваемые основные термины в области диагностики технического состояния транспортного средства базируются на общем представлении его как о материальном воплощении некоторой организации, т. е. структура и поведение.

Параметр – это качественная мера, характеризующая свойства системы, элемента или явления. **Значение параметра** – количественная мера параметра.

Структурный параметр – физическая величина, непосредственно характеризующая техническое состояние (работоспособность) транспортного средства (например, размеры сопряженных деталей и зазоры между ними); ее определяют прямыми измерениями.

Дефект - под ним следует понимать любое несоответствие свойств объекта заданным, требуемым или ожидаемым его свойствам.

Поиск дефекта - заключается в указании с определенной точностью его местоположения в объекте диагностирования.

Обнаружение дефекта - установление факта его наличия или отсутствия в объекте.

Контроль - есть процесс сбора и обработки информации с целью определения технического состояния объекта. Диагностирование является частью контроля технического состояния ТС. Для целей контроля, в отличие от диагностики, возможна разборка объекта.

Входной параметр - качественная мера воздействия на систему (ТС) извне.

Выходной параметр - качественная мера внешнего проявления свойств системы (ТС).

11.2 Структура разновидностей систем диагностирования

Диагностирование данного объекта (транспортного средства, агрегата, механизма) осуществляется согласно алгоритму (совокупности последовательных действий), установленному технической документацией. Комплекс, включающий объект, средства и алгоритмы, образуют систему диагностирования (рис. 11.1.).

Системы диагностирования классифицируются по следующим признакам:

По сбору информации;

Функциональная - когда диагностирование проводят в процессе работы объекта.

Тестовая - когда при измерении диагностических параметров работу объекта воспроизводят искусственно.

По измерению диагностического параметра;

Универсальная - предназначенная для нескольких различных диагностических процессов.

Специальная - обеспечивающая только один диагностический процесс.

По постановке диагноза;

Общая (объект в целом) - определяющая техническое состояние объекта на уровне «годен, негоден».

Локальная для диагностирования составных частей объекта (агрегатов, систем, механизмов).

По обработке информации;

Ручная и автоматизированная.

11.3 Контроль и постановка диагноза

В процессе контроля исследуемой системы рассматривается как одно целое. А в процессе диагностирования рассматривается целая система и их элементов, так как состояние системы зависит от состояний элементов. Задачей поставки диагноза заключается определение состояния объекта в зависимости от состояний объектов. Без проведения контрольных операций объекта постановка диагноза нельзя.

Теория автоматического управления для определения состояния объекта и его элементов участвуют в разработке методов и инструментов. Для постановки диагноза являющийся важным фактор, а для контроля может быть несущественным фактором или на оборот. Факторы, являющиеся важными для контроля, также могут быть важными и для технической диагностики.

11.4 Модели объектов диагностирования

Для того чтобы разработать какой-либо метод и технологию диагностирования транспортных средств, недостаточно знать закономерности изменения технического состояния его отдельных механизмов или узлов. Необходимо обобщенное логическое или аналитическое описание наиболее важных свойств всего объекта диагностирования. В целом это описание (модель) должно включать перечень наиболее часто отказывающихся элементов (узлов, механизмов, деталей) транспортного средства, соответствующие этим элементам структурные и диагностические параметры и связи между ними.

Модели объектов диагностирования бывают **структурные** и **функциональные**.

Структурные модели. Это наиболее простое логическое описание объекта диагностирования выражается структурно-следственной схемой (рис 11.2). На I уровне структурно-следственной схемы находятся объект диагностирования. На II уровне этой структурно-следственной схемы находятся наиболее уязвимые (критические) механизмы и детали транспортного средства; на III уровне - сопряжения между ними, т. е. структурные параметры.

На IV уровне характерные неисправности. На V уровне диагностические признаки, соответствующие величинам структурных параметров. VI уровень занимают диагностические параметры, т. е. физические величины, при помощи которых можно измерить сопутствующие или рабочие процессы объекта

диагностирования и таким образом определить техническое состояние объекта без его разборки. На VII уровне расположены средства диагностирования при помощи, которых измеряются диагностические параметры технического состояния объекта диагностирования.

Функциональные модели. Для разработки технологического процесса диагностирования сложного объекта, включающего в себя параллельно и последовательно соединенные подсистемы, кроме структурно-следственных схем, необходима функциональная модель. Такая модель раскрывает межэлементные и блочные связи объекта и позволяет определять оптимальную технологическую последовательность процессов диагностирования агрегатов и систем, приборов и узлов транспортного средства. Например: при построении функциональной модели инжекторной системы подачи топлива в бензиновых двигателях разделяется на подсистема подачи топлива (топливный бак, топливный насос, топливный фильтр); подсистема распыления топлива (электронный блок управления, регулятор давления, инжектор и датчики); подсистема воздухоочистки (воздушный фильтр, впускной трубопровод, дроссельная заслонка, регулятор холостого хода и клапан продувки адсорбера (бензиновых паров)) и подсистема выпуска (катализатор, выпускной трубопровод) (рис. 11.3 и 11.4).

Модель объекта диагностирования можно представить в аналитическом виде при помощи уравнений связи между структурными и диагностическими параметрами или в виде диагностических матриц.

Таким образом характеристика транспортного средства как объекта диагностирования исходит из показателей надежности его агрегатов и механизмов, закономерностей изменения их технического состояния, обуславливается трудовыми и стоимостными затратами и обобщается при помощи моделей. Модели объекта диагностирования вскрывают внутренние и внешние связи между структурными и диагностическими параметрами, а также связи между его элементами и подсистемами.

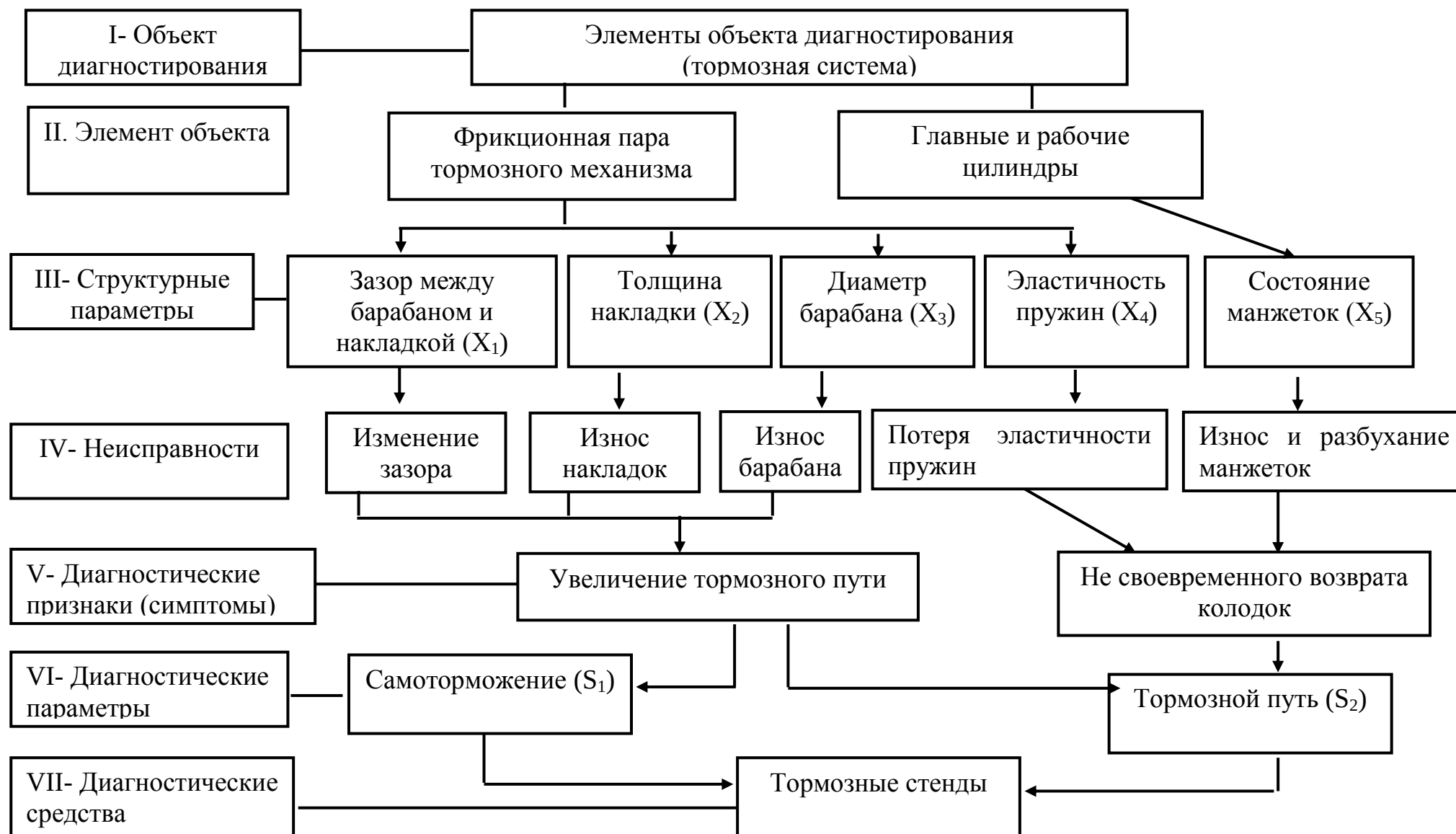


Рис. 11.2. Структурная модель объекта диагностирования (на примере тормозной системы)

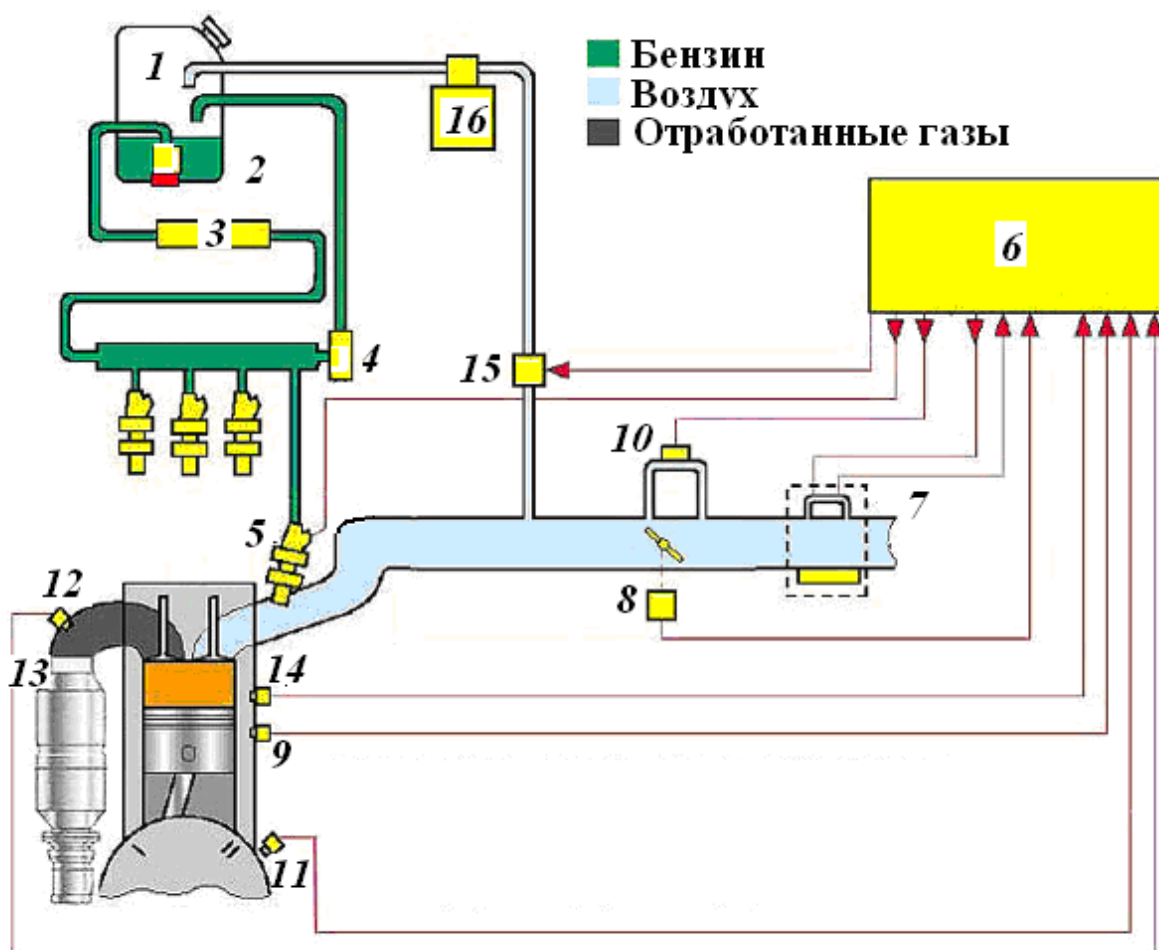


Рис. 11.3. Инжекторная система подачи топлива в бензиновых двигателях.

1-топливный бак; 2-электробензонасос; 3-топливный фильтр; 4-регулятор давления топлива; 5-инжектор (форсунка); 6-электронный блок управления; 7-датчик массового расхода воздуха; 8-датчик положения дроссельной заслонки; 9-датчик температуры охлаждающей жидкости; 10- регулятор холостого хода; 11-датчик положения коленчатого вала; 12-датчик кислорода; 13-нейтрализатор; 14-датчик детонации; 15-клапан продувки адсорбера; 16-адсорбер.

11.5 Показатели оценки контролепригодности

Свойство, характеризующее пригодность автотранспортного средства к проведению диагностирования (контроля) заданными средствами называется приспособленностью к диагностированию (контролепригодностью).

Приспособленность к диагностированию характеризуется наличием в конструкции транспортного средства устройств доступа, контрольных точек, встроенных датчиков, технологическим удобством проведения диагностирования, минимизацией разборочно-сборочных работ для присоединения средств диагностирования, а также требованиями физиологического удобства использования диагностического оборудования на данном объекте диагностирования.

Для оценки контролепригодности используется коэффициент контролепригодности, коэффициент безразборного диагностирования, количеством диагностических параметров, оцениваемых с использованием контрольных точек и прочих встроенных средств контроля.

Коэффициент контролепригодности (при выполнении одной диагностической операции, формула 11.1):

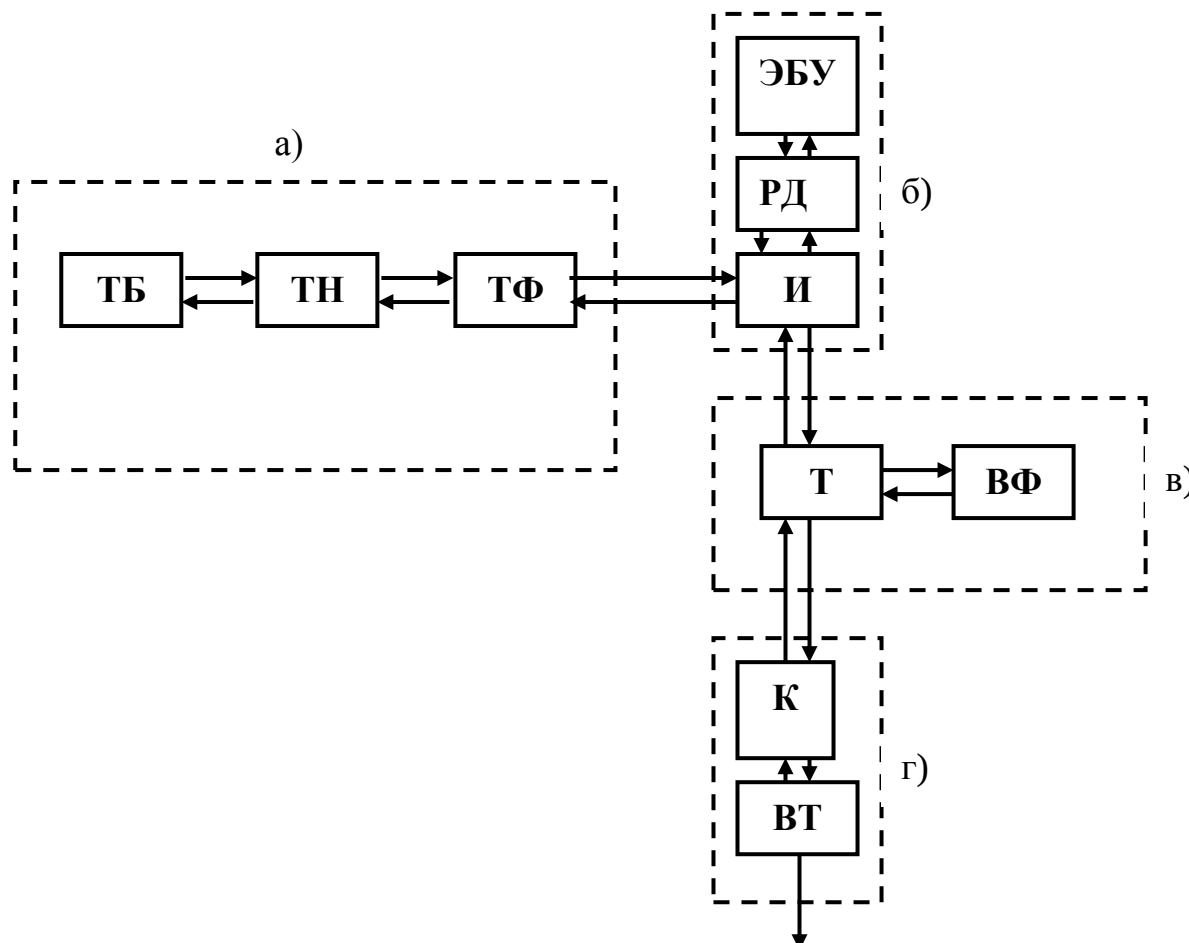


Рис. 11.4. Функциональная модель системы питания инжекторного двигателя.

а) подсистема подачи топлива; б) подсистема распыления топлива; в) подсистема воздухоочистки; г) подсистема выпуска; ТБ - топливный бак; ТН-топливный насос; ТФ - топливный фильтр; ЭБУ - электронный блок управления; РД - регулятор давления; И- инжектор; ВФ- воздушный фильтр; Т- трубопровод; К - катализатор; ВТ - выпускной трубопровод.

$$K_K = \frac{T_o}{T_o + T_d}, \quad (11.1)$$

где T_o - основная трудоемкость диагностирования, которая характеризует затраты труда на непосредственное диагностирование (установление необходимых режимов работы и СТД, измерение, сравнение измеренного значения с нормативным, регистрация результата измерения);

T_d – дополнительная трудоёмкость, которая складывается из трудоемкости установки и снятия измерительных преобразователей и других устройств, необходимых для выполнения операций диагностирования $T_{уст}$ и из трудоемкости работ на объекте диагностирования для обеспечения доступа к контрольным точкам и приведение объекта в исходное состояние после диагностирования $T_{дост}$.

$$\dot{O}_A = \dot{O}_{ON\dot{O}} + \dot{O}_{AIN\dot{O}}, \quad (11.2)$$

Коэффициент безразборного диагностирования определяется следующим образом:

$$K_{БД} = \frac{П_K}{П_H}, \quad (11.3)$$

где $П_K$ – число контролируемых параметров изделия данного диагностирования, для измерения которых не требуются демонтажно-монтажные работы;

$П_H$ – общее число контролируемых параметров данного диагностирования.

Приспособленность автотранспортного средства к диагностированию закладывается на стадии его разработки. Конструкция объекта и его составных частей должны обеспечивать доступ к контрольным точкам без разборки узлов и механизмов, за исключением вскрытия технологических люков, заглушек, открывающих доступ к местам сопряжений со средствами диагностирования и исключать возможность повреждения сборочных единиц при присоединении диагностического оборудования. Конструктивное оформление мест присоединения диагностического оборудования должно быть, по возможности, простым (резьбовые отверстия с заглушками, запорные устройства, лючки).

Вопросы для самоподготовки

1. Что такое дефект?
2. Что такое функциональная система диагностирования?
3. Что такое общая система диагностирования?
4. Как определяется контролепригодность?
5. Как можно повысить уровень контролепригодности транспортного средства?

Тема-12. Диагностические симптомы, параметры и нормативы -2 часа

План:

- 12.1 Структурный параметр, симптом и диагностический параметр.
- 12.2 Классификация диагностических параметров.
- 12.3 Свойства диагностических параметров.
- 12.4 Диагностические нормативы.
- 12.5 Постановка диагноза на основании нормативов диагностических параметров.

Ключевые слова: Структурный параметр, симптом, диагностический параметр, чувствительность, однозначность, стабильность, информативность, диагностические нормативы, начальные нормативы, предельные нормативы, предельно допустимые нормативы, постановка диагноза.

12.1 Структурный параметр, симптом и диагностический параметр

Для каждого объекта диагностирования можно указать множество параметров, характеризующих его техническое состояние. Их выбирают в зависимости от применяемого метода и решаемой задачи диагностирования. Например, для контроля технического состояния рабочей тормозной системы на соответствие требованиям безопасности при испытаниях на стенде государственным стандартом Узбекистана O'zDSt 1057:2004 установлены следующий перечень параметров: общая удельная тормозная сила, время срабатывания тормозной системы, неравномерность тормозных сил на колёсах.

Структура автотранспортного средства, его узла, агрегата, связи и взаимодействие структурных элементов характеризуются и оцениваются параметрами, которые называют **структурными**. Структурные параметры часто непосредственно характеризуют техническое состояние объекта (например, износ, зазор в сопряжении).

Структурные параметры в большинстве случаев не поддаются измерению без разборки диагностируемого объекта. Разборка приводит к увеличению трудоёмкости диагностирования и уменьшению остаточного ресурса, так как после разборки вновь происходит этап приработки взаимодействующих частей, характеризуемый интенсивным износом (рис.12.1).

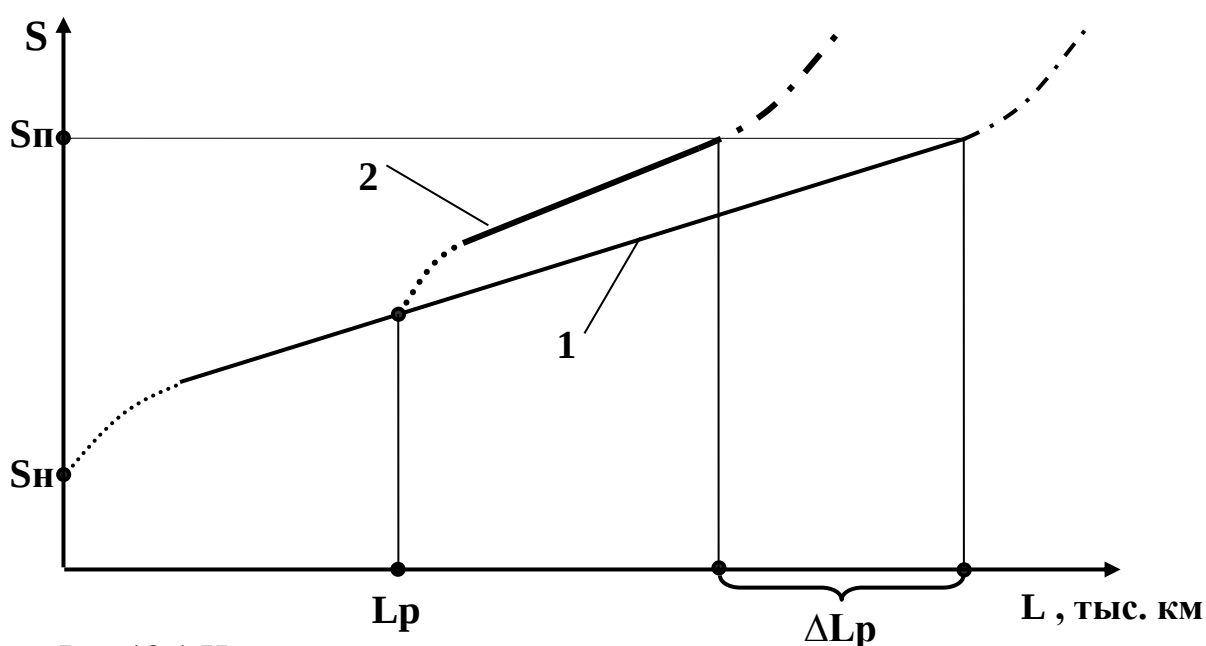


Рис.12.1 Изменение интенсивности изнашивания сопряжённых деталей после разборки (1-без разборки, 2-после разборки):

..... период приработки; — нормальная работа,
- · - · - интенсивный износ

Например, зазор между вкладышем и шейкой коленчатого вала является структурным параметром, измерение которого невозможно без разборки двигателя. Давление масла является диагностическим параметром, который изменяется в зависимости от значения зазора между вкладышем и шейкой коленчатого вала.

Оценка технического состояния объекта при помощи диагностических параметров позволяет уменьшить трудоёмкость диагностирования, повышать её оперативность. При помощи диагностических параметров появляется возможность оценивать техническое состояние неразбираемых элементов и сложных систем. Но для измерения диагностических параметров требуется более сложное и дорогое оборудование, предъявляющее высокие требования к персоналу.

Структурные и диагностические параметры должны иметь взаимоувязанные закономерности изменения своих значений. По характеру развития они бывают детерминированными или дискретными. По виду функциональной зависимости – линейные, степенные и т. д.

Диагностический параметр - это качественная мера проявления технического состояния ТС, его агрегата или узла по косвенному признаку, определение количественного значения которого возможно без разборки.

Закономерности изменения диагностических параметров должны быть аналогичны закономерностям изменения структурных параметров, характеризующих техническое состояние.

Диагностический симптом является качественным проявлением изменения свойства структуры системы.

Диагностические симптомы по объёму, характеру и взаимозависимости информации, которую они дают о неисправности или отказе диагностируемого объекта, группируют в три группы:

Частные диагностические симптомы, которые независимо от других указывают на вполне конкретную неисправность узла или механизма. Например, строго локализованные параметры шума или вибрации указывают на износ и увеличенный зазор конкретного подшипника диагностируемого узла.

Общие (интегральные) диагностические симптомы, характеризующие техническое состояние объекта диагностики в целом. Например, мощность двигателя на заданном скоростном режиме, суммарный люфт агрегатов трансмиссии. Интегральные симптомы не дают указаний о конкретной неисправности.

Взаимозависимые симптомы – комплексы диагностических симптомов, характеризующие неисправность только по совокупности нескольких параметров, обнаруженных и измеренных одновременно. Например, обгорание или неплотное прилегание к седлам впускных клапанов можно обнаружить при наличии одновременно двух симптомов, а именно: "хлопки" в карбюраторе при пуске двигателя и неустойчивая, с перебоями, его работа без нагрузки при большой частоте вращения коленчатого вала.

12.2 Классификация диагностических параметров

Диагностические параметры классифицируются по следующим признакам:

1. По принципу образования:
 - а. параметры рабочих процессов;
 - б. параметры сопутствующих процессов;
 - в. геометрические параметры.

2. По виду информации:
 - а. комплексные;
 - б. локальные (узко информационные);
3. По функциям наработки:
 - а. изменяющиеся непрерывно;
 - б. изменяющиеся дискретно.
4. По функции изменения диагностического параметра:
 - а. Линейные $S = a + bX$;
 - б. Нелинейные $S = bL^n$, $S = C_1L + C_2L^2 + C_3L^3 \dots\dots$;
 - в. Производные $S = f'(X)$;
 - г. Гармонические $S = A \cdot \sin(x + \omega \cdot t)$;
 - д. переходные.

12.3 Свойства диагностических параметров

Для обеспечения надлежащей достоверности и экономичности диагностирования диагностические параметры должны быть чувствительны, однозначны, стабильны и информативны.

Чувствительность диагностического параметра определяется степенью его изменения при ухудшении технического состояния объекта. Характеризуется коэффициентом чувствительности (рис. 12.2):

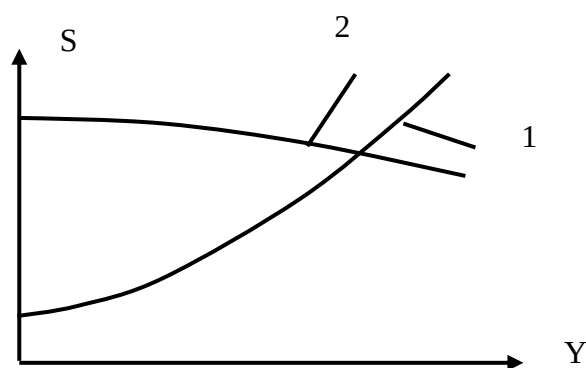


Рис.12.2. Характеристика высокочувствительного (1) и малочувствительного (2) диагностических параметров, S – диагностический параметр, Y – структурный параметр

Однозначность диагностического параметра означает отсутствие экстремума в диапазоне от начального (S_H) до предельного ($S_{ПР}$) значения параметра технического состояния (рис. 12.3).

$$\frac{dS}{dY} \neq 0 \quad (12.5)$$

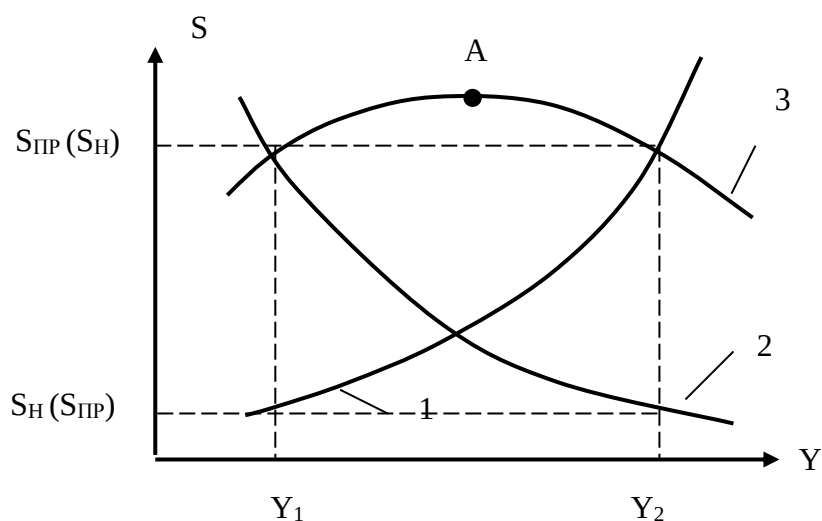


Рис. 12.3. Характеристика диагностического параметра однозначных параметров: возрастающего (1), убывающего (2) и неоднозначного (3) с экстремумом в точке А

Стабильность - диагностического параметра определяют наибольшим отклонением его величины от среднего значения, характеризующего рассеивание параметра при неизменных условиях измерения

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{n-1}} \quad (12.6)$$

где S_i - значение диагностического параметра при i -том измерении; $\bar{S}$ - среднее значение диагностического параметра после i измерений; n - количество измерений.

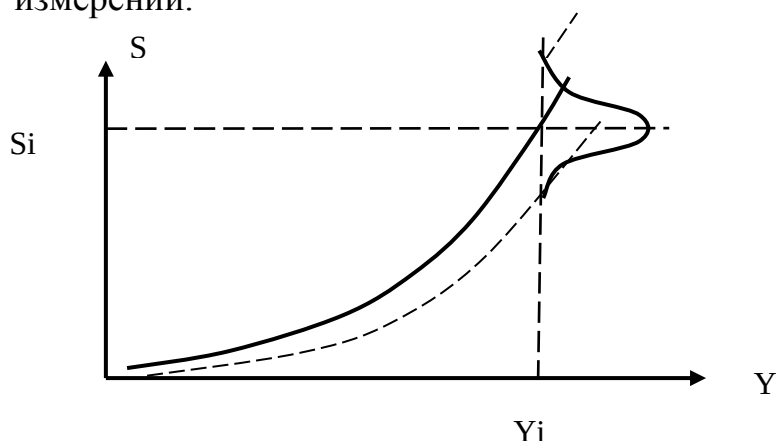


Рис. 12.4. Плотность распределения результатов замеров значения диагностического параметра S_i при фиксированном значении структурного параметра Y .

Нестабильность диагностического параметра снижает достоверность оценки технического состояния объекта.

Одни диагностические параметры могут точно указать на конкретную неисправность объекта диагностирования, а другие характеризуют техническое состояние объекта диагностирования в целом. При диагностировании сложных объектов появляется необходимость измерения нескольких диагностических параметров, каждый из которых уточняет направление дальнейшего поиска неисправности и приближает определение неисправности. Диагностические параметры количественно различаются по возможности снизить неопределённость технического состояния объекта диагностирования.

Информативность I_i диагностического параметра количественно определяется снижением вероятности наличия в объекте диагностирования неисправности, обнаруживаемой при помощи данного диагностического параметра:

$$I_i = N_x - N_i, \quad (12.7)$$

где N_x - вероятность наличия в объекте диагностирования неисправности, обнаруживаемой при помощи данного диагностического параметра;

N_i - вероятность наличия вышеупомянутой неисправности объекта диагностирования после использования информации о величине данного диагностического параметра.

Наиболее информативным будет диагностический параметр, достижение определённого значения которого укажет только на одну из вероятных неисправностей, а наименее информативным будет такой диагностический

параметр, значение которого может измениться при появлении всех возможных неисправностей.

При выборе параметров для использования в качестве диагностических имеют значение так же технологичность измерения, скорость и стоимость диагностирования при их использовании.

Например, в таблице 12.1 приведены диагностические признаки и соответствующие им диагностические параметры.

Таблица 12.1

Диагностические симптомы и диагностические параметры

Диагностические симптомы	Диагностические параметры
1. Изменение эффективности	Мощность, путь торможения, производительность, тяговое усилие и скорость
2. Изменение герметичности рабочих объемов	Компрессия, прорыв газов в картер двигателя, давление в шинах и т.д.
3. Изменение состава картерных масел	Вязкость, кислотность, щелочность, наличие воды и продуктов износа
4. Изменение состава отработанных газов	Количество CO, CO ₂ , NH и др.

12.5 Диагностические нормативы

Основным назначением диагностических нормативов является определение годности объекта в данный момент путем сравнения измеренной текущей величины диагностического параметра.

Для целей оценки технического состояния диагностические параметры, их значения и условия измерения устанавливаются технической (нормативной) документацией. Это может быть документация изготовителя транспортного средства, государственные или межгосударственные нормативы.

К диагностическим нормативам относятся: начальное S_n , предельное $S_{пр}$ и предельно допустимое $S_{пд}$ значения норматива (рис. 12.6).

Начальный норматив S_n соответствует величине диагностического параметра новых, технически исправных объектов. Начальный диагностический норматив задается технической документацией.

Предельный норматив $S_{пр}$ соответствует такому состоянию объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация становится невозможным или нецелесообразным по технико-экономическим соображениям.

Предельно допустимый норматив $S_{пд}$ представляет собой ужесточенное предельное значение, при котором обеспечивается установленный уровень вероятности безотказной работы межконтрольный период. Этот норматив является основным диагностическим нормативом при периодическом диагностировании, проводимом в рамках планово-предупредительной системы ТО транспортных средств.

12.6 Постановка диагноза на основании нормативов диагностических параметров

Сравнивая текущие значения диагностических параметров нормативными, делают заключение о виде технического состояния - его исправности, неисправности, работоспособности или неработоспособности, а так же делается вывод о продолжении или прекращении дальнейшей эксплуатации (рис. 12.6).

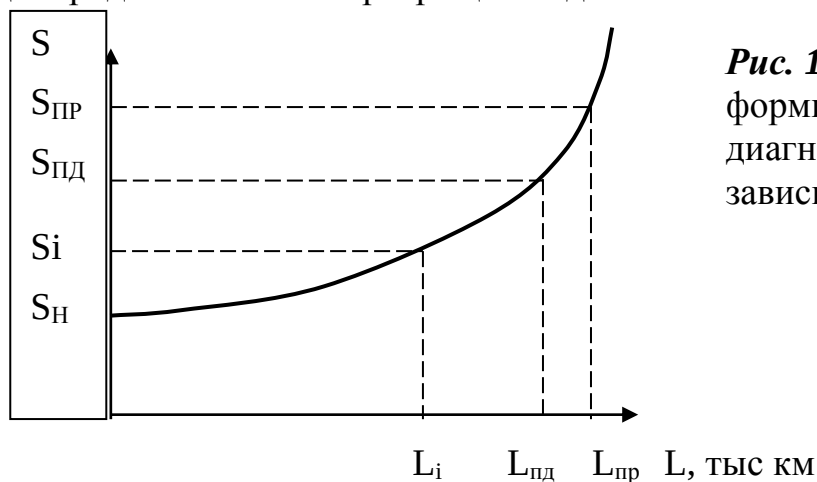


Рис. 12.5. Схема формирования диагностических параметров в зависимости от наработки L .

На основе предельно допустимого норматива ставят диагноз о состоянии объекта:

1. $S_f < S_i < S_{iA}$ - является условием эксплуатации, т.е. объект работоспособен и может быть продолжат эксплуатации;
2. $S_{iA} < S_i < S_{iB}$ - является условием профилактических работ (ТО), т.е. объект работоспособен, но требует профилактических воздействий для установленного уровня вероятности безотказной работы межконтрольный период;
3. $S_i > S_{iB}$ - является условием ремонта, т.е. объект находится в зоне отказов, требуется выполнить ремонт.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие показатели технического состояния относятся к структурным параметрам?
2. Дайте определение диагностических параметров?
3. Какими свойствами должны обладать диагностические параметры?
4. По каким признакам классифицируются диагностические параметры?
5. Дайте определение диагностических нормативов?
6. На основании какого норматива диагностического параметра ставится диагноз?

Тема-13. Техническая диагностика и прогнозирование работоспособности транспортных средств - 2 часа

План:

- 13.1 Три типа задач определения технического состояния объекта.
- 13.2 Прогнозирование работоспособности транспортных средств.

13.3 Диагностическая матрица связей структурных и диагностических параметров.

13.4 Построение алгоритма постановки диагноза.

13.5 Методы организации диагностирования на автотранспортных предприятиях (компаниях).

Ключевые слова: Прогнозирование, диагностическая матрица, алгоритм диагностирования, задачи диагностирования, генетика, остаточный ресурс.

13.1 Три типа задач определения технического состояния объекта

Область определения технического состояния объекта, охватываемую технической диагностикой, делится на три типа задач (рис. 13.1). К первому типу относятся задачи определения технического состояния, в котором находится объект в настоящий момент времени – это задачи **диагностирования**. Задачи второго типа – предсказания технического состояния, в котором окажется объект в некоторый будущий момент времени – это задачи **прогнозирования**. К третьему типу относятся задачи определения технического состояния, в котором находился объект в некоторый момент времени в прошлом – это задачи **генезиса**.

Задачи первого типа относятся к **технической диагностике**, а второго типа – к **техническому прогнозированию**. Решение задачи третьего типа, естественно назвать **технической генетикой**.

Задачи технической генетики возникают, например, в связи с расследованием аварий и их причин, когда технического состояния объекта в рассматриваемое время отличается от состояния, в котором он был в прошлом, в результате появления первопричины, вызвавшей аварию. Эти задачи решаются путем определения возможных или вероятностных предысторий, ведущих в настоящее состояние объекта.

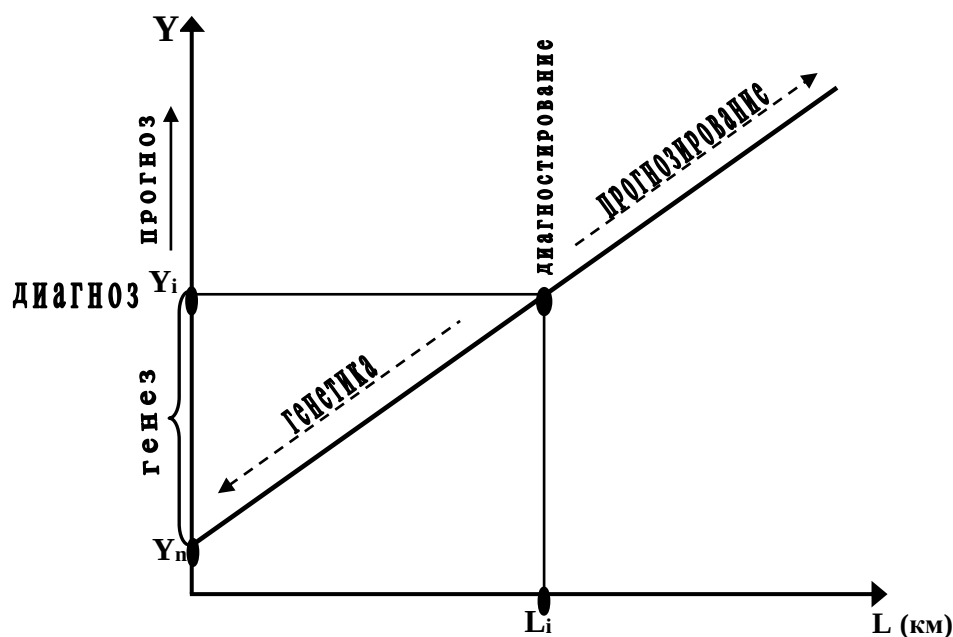


Рис 13.1. Прогнозирование, генетика и диагностирование при определении технического состояния автотранспортного средства;

Y_n – начальное значение параметра, характеризующего техническое состояние автотранспортного средства;

Y_i – значение параметра, характеризующего техническое состояние автотранспортного средства, в настоящий момент времени (при пробеге L_i)

13.2 Прогнозирование исправной работы транспортных средств

Прогнозирование технического состояния это определение технического состояния транспортного средства с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени.

Целью прогнозирования технического состояния может быть так же определение с заданной вероятностью интервала времени (ресурса), в течение которого сохранится работоспособное (исправное) состояние объекта и. вероятности сохранения работоспособного (исправного) состояния объекта на заданный интервал времени.

Диагностирование транспортных средств на предприятиях производится главным образом периодически по плану.

Зная оптимальную периодичность диагностирования каждого из механизмов, можно технологически группировать отдельные диагностические операции, приурочивая их к соответствующим видам технического обслуживания. При этом объемы ТО претерпят корректировку, а эффективность его повысится.

В основе определения периодичности диагностирования L_d так же, как и при определении регламентной периодичности технического обслуживания L_p , лежат закономерности изменения технического состояния и экономические показатели. Однако L_d нельзя полностью отождествлять с L_p . Принципиально они различаются тем, что L_p находят из закономерностей отказов для регламентного ТО без учета затрат на диагностирование, а L_d - из закономерностей достижения механизмами предельных и упреждающих величин диагностических параметров с учетом затрат на диагностирование. Это различие между L_p и L_d определяет различие между традиционными контрольными работами, которые являются дополнением к уже запланированной ТО, и диагностированием, которое само планирует определенную часть ТО. При отсутствии данных, полученных на базе полнокомплектного диагностирования, его временно приурочивают к существующей периодичности L_p .

Механическое перенесение методов решения задач диагностирования на задачи прогнозирования невозможно. При диагностировании моделью является описание объекта в настоящий момент времени, а при прогнозировании - описание изменений технических характеристик объекта во времени (с изменением пробега). Результат диагностики представляет собой одну точку в процессе изменения технического состояния транспортного средства (рис 13.1).

Техническое диагностирование и прогнозирование тесно связаны. Результаты периодического (или непрерывного) диагностирования представляют собой характеристику развития процесса изменения технического состояния транспортного средства во времени (с изменением пробега) и используются для коррекции прогноза. Задачей прогнозирования является определение с заданной достоверностью значений параметров объекта прогнозирования, характеризующих его техническое состояние, после проведения диагностирования.

Различают два подхода к решению задачи диагностирования.

Первый подход основывается на статистической обработке и анализе значений параметров технического состояния при различных пробегах, полученных в результате подконтрольной эксплуатации группы транспортных средств в определённых условиях. По результатам испытаний возможно установление вида зависимости между пробегом и вероятностью того, что параметр технического состояния примет некоторое значение. При использовании данного метода используют математический аппарат теории вероятностей.

При использовании данного метода можно, исходя из установленных допустимых уровней вероятностей безотказной работы для различного типа агрегатов автотранспортных средств, устанавливать вероятный пробег, при котором параметром, характеризующим техническое состояние, будет достигнуто, например, предельно допустимое значение.

Это даёт возможность планировать предположительные расходы запасных частей и трудозатраты. Но происходит рассеивание действительных пробегов достижения предельно допустимых значений относительно прогнозных значений. В результате этого в некоторых случаях возможно возникновение отказа, а в других случаях – принятие решения о техническом воздействии на автотранспортное средство, которое ещё не исчерпало ресурс возможной работы без такого вмешательства.

Другой подход заключается в определении закономерностей изменения параметров, определяющих техническое состояние конкретного объекта прогнозирования, путём непосредственного измерения значений параметров этого объекта и определения тенденций его изменения. Главной целью такого прогнозирования является определение остаточного ресурса конкретного объекта прогнозирования (рис 13.2).

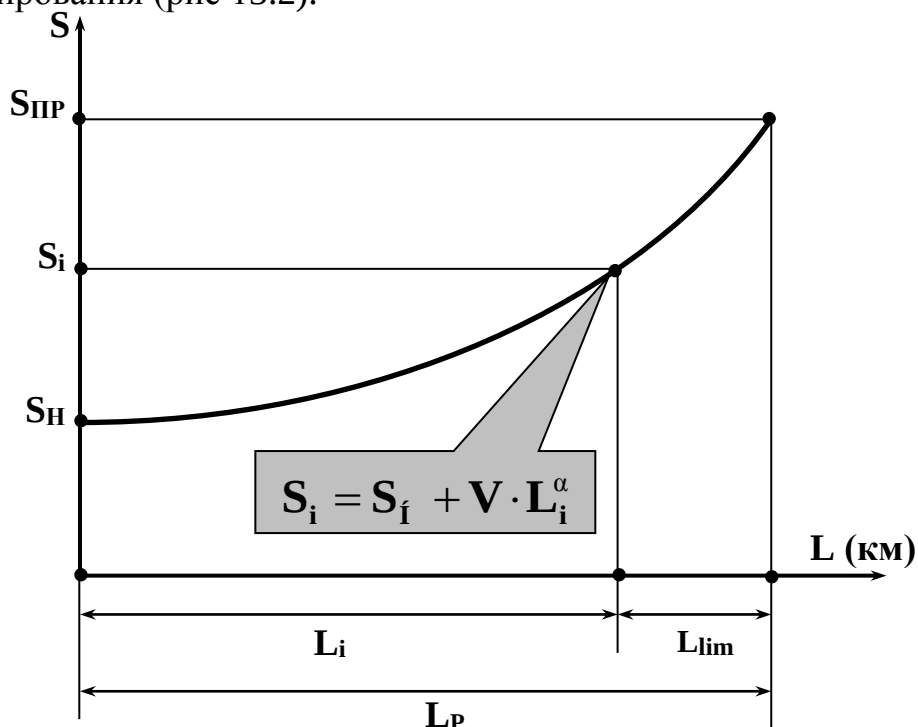


Рис. 13.2. Изменение параметра состояния (S) от наработки (L): S_H , S_i , $S_{ПР}$ сле – начальное, текущее и предельное значение параметра

$$S_i = S_f + V \cdot L_i^\alpha, \quad (13.1)$$

где S_i – значение параметра технического состояния при пробеге L_i с начала эксплуатации;

S_H – начальное значение параметра;

V – скорость изменения параметра S_i ;

L_i – пробег, по достижении которого достигается значение параметра технического состояния S_i ;

α - показатель степени, определяющий характер реализации.

Предельное значение параметра технического состояния объекта диагностирования:

$$S_{iD} = S_H + V \cdot L_{iP}^\alpha, \quad (13.2)$$

где L_{iP} – пробег, по достижении которого достигается предельное значение технического состояния;

S_H – предельное значение параметра S_i .

Отсюда пробег, по достижении которого достигается предельное значение технического состояния по параметру технического состояния S :

$$L_{iP} = \sqrt[\alpha]{\frac{S_i - S_f}{V}}, \quad (13.3)$$

Остаточный ресурс объекта прогнозирования:

$$L_{iNO} = L_{iP} - L_i = L_i \cdot \left(\sqrt[\alpha]{\frac{S_{iD} - S_f}{S_i - S_f}} - 1 \right). \quad (13.3)$$

Для обеспечения безотказной работы объекта по параметру S_i необходимо периодически следить за изменением его состояния. Если при очередном диагностировании будет обнаружено, что его остаточный ресурс $L_{ост}$ меньше, чем установленная периодичность диагностирования или ремонта, то необходимо осуществить предупредительную замену соответствующего конструктивного элемента.

13.3 Диагностическая матрица связей структурных и диагностических параметров

На основании структурно-следственной схемы разрабатывают диагностическую матрицу, представляющую собой двужначную логическую модель, описывающую связи между структурными и диагностическими параметрами, достигшими допустимой величины. Диагностическая матрица является основой для автоматизированных логических устройств и алгоритмов диагностирования.

На рис.13.3 представлена так называемая диагностическая матрица, построенная на примере объекта диагностирования – тормозной системы. Она

представляет собой двузначную диагностическую модель, описывающую связи между диагностическими и структурными параметрами. Столбцы Y_1 - Y_6 соответствуют возможным неисправностям объекта диагностирования, а строки S_1 - S_3 применяемым диагностическим параметрам. Цифра «1» в месте пересечения строки и столбца соответствует наличию связи между возникновением структурного и диагностического параметра, а цифра «0» - отсутствию такой связи. Таким образом, диагностический параметр «тормозной путь» оценивает возможность появления сразу всех возможных дефектов и является наименее информативным диагностическим параметром. Он является комплексным диагностическим параметром, позволяющим оценить техническое состояние тормозной системы в целом. Для увеличения глубины поиска дефекта будут использованы диагностические параметры «тормозная сила на колесе» и «время срабатывания тормозной системы», которые локализуют дальнейшее направление поиска дефекта в соответствии со связями, показанными на рис. 13.3.

В данной диагностической матрице нет диагностического параметра, который бы однозначно указывал на возможность появления одной конкретной неисправности объекта диагностирования.

Не всегда события наступления неисправности равновероятны. При разработке диагностической матрицы возможен учёт вероятности появления неисправности объекта диагностирования при достижении диагностическим параметром нормативного значения.

Диагностические параметры	Структурные параметры					
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
S_1	0	1	1	1	1	0
S_2	1	1	1	1	1	1
S_3	1	0	0	0	0	1

Рис.13.3. Диагностическая матрица

Диагностические модели строятся на основе разрабатываемой конструкции и условий эксплуатации транспортного средства. В результате исследований диагностической модели устанавливаются характерные изменения свойств в результате проявления неисправностей и отказов, структурные и диагностические параметры, и методы оценки диагностических параметров, определяются условия работоспособности, разрабатываются алгоритмы диагностирования.

13.4 Построение алгоритма постановки диагноза

Алгоритм- совокупность последовательных предписаний, действий или система правил, задающая последовательность операций, исполнение которых позволяет решить поставленную задачу (например: технического диагностирования).

Алгоритмы диагностирования бывают безусловными (при установленной очередности предписаний) и условными (при выборе очередного предписания по результатам предыдущего элемента проверки).

Для составления алгоритма применяют операторы действия и операторы логических условий (рис.13.4).

Требованием к диагностическому алгоритму является минимизация количества предписаний, повышение скорости, точности диагностирования.

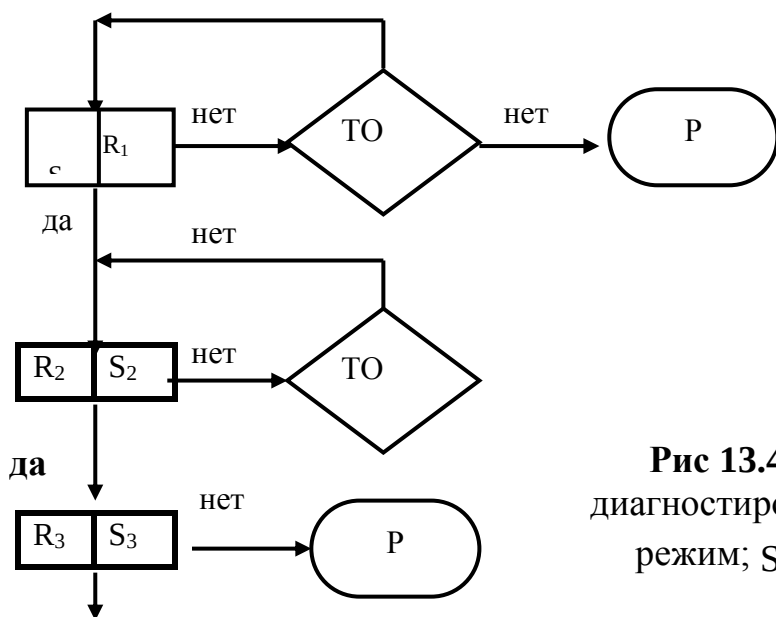


Рис 13.4. Схема алгоритма диагностирования агрегата ТС (R_i режим; S_i - диагностический параметр).

Для определения в сложных случаях возможного набора диагностических параметров и выбора из них наиболее удобных для использования в алгоритме применяют **структурно-следственную схему** механизма. Она представляет собой граф-модель, увязывающая в единое целое основные элементы механизма, характеризующие их структурные параметры, перечень характерных неисправностей, подлежащих выявлению, набор возможных для использования диагностических параметров и диагностических средств их измерения.

13.5 Методы организации диагностирования на автотранспортных компаниях

На автотранспортных предприятиях применяется: общую (Д-1) и углубленную (Д-2) диагностирования.

Общее диагностирование (Д-1) предназначен для определения технического состояния объекта по общему критерию: объект исправен или неисправен, возможна ли его дальнейшая эксплуатация без выполнения профилактических или ремонтных воздействий. Д-1 в основном применяется для агрегатов, систем и механизмов обеспечивающих безопасность движения транспортного средства, т.е. для тормозных систем, рулевых управлений, приборов освещения и сигнализации, а также для диагностирования транспортного средства в целом. Общее диагностирование (Д-1) проводится с периодичностью ТО-1.

Углубленное диагностирование (Д-2) предназначено для поэлементного диагностирования технического состояния агрегатов и систем с выявлением места возникновения, характера и причины конкретных скрытых отказов и неисправностей этих узлов. При Д-2 также производят проверку и восстановления

мощностных и экономических показателей транспортных средств, а также для определения потребности в текущем ремонте. Углубленное диагностирование Д-2 проводится с периодичностью ТО-2.

Вопросы для самоподготовки

1. Цель прогнозирования технического состояния ТС?
2. Каких задач решаются технической генетикой?
3. Каким образом связано техническое диагностирование и прогнозирование?
4. Расскажите о подходах к решению задач диагностирования?
5. Каковы задачи прогнозирования?

Тема-14. Общие процессы диагностирования и требования к средствам технического диагностирования транспортных средств - 2 часа

План:

- 14.1 Общий процесс технического диагностирования.
- 14.2 Диагностические датчики.
- 14.3 Методы диагностирования транспортных средств.
- 14.4 Средства технического диагностирования и требования предъявляемые к ним.

Ключевые слова: информационно - советующие системы, диагностические датчики, методы диагностирования, общий процесс технического диагностирования, средства технического диагностирования, встроенные(бортовые) средства технического диагностирования, стробоскопы, выходные параметры, геометрические параметры, параметры сопутствующих процессов, внешние средства технического диагностирования, переносные приборы.

14.1 Общий процесс технического диагностирования

Общий процесс технического диагностирования включает в себя: обеспечение функционирования объекта на заданных режимах или тестовое воздействие на объект; улавливание и преобразование с помощью датчиков сигналов, выражающих значения диагностических параметров, их измерение; постановку диагноза на основании логической обработки полученной информации путём сопоставления с нормативами (рис. 14.1).

- а) воздействия объекта на тестовый или функциональный режим;
- б) измерение диагностических параметров;
- в) обработка полученных информации;
- г) постановка диагноза и сопоставление с нормативами.

Система технического диагностирования может обеспечивать проведение **тестового диагностирования**, когда на объект диагностирования создаётся не существующее при эксплуатации в обычных условиях тестовое воздействие (стендов с беговыми барабанами и нагрузочными устройствами, подкатных и переносных приспособлений и др.) и по отклику объекта на него делается заключение о техническом состоянии объекта. Например, определение показателей мощности двигателя (максимальная мощность и крутящего момента)

в различных режимах работы транспортного средства, измерение токсичности отработавших газов – на холостом ходу, а тормозные свойства определяется при больших скоростях и нагрузках.

При рабочем (*функциональном*) диагностировании на объект подаются рабочие воздействия, и при функционировании объекта на рабочих режимах производится его диагностирование.

Многие нормативные показатели диагностики разрабатывается в соответствии с постановкой диагноза при оптимальном режиме. Диагностические параметры измеряются при помощи датчиков.

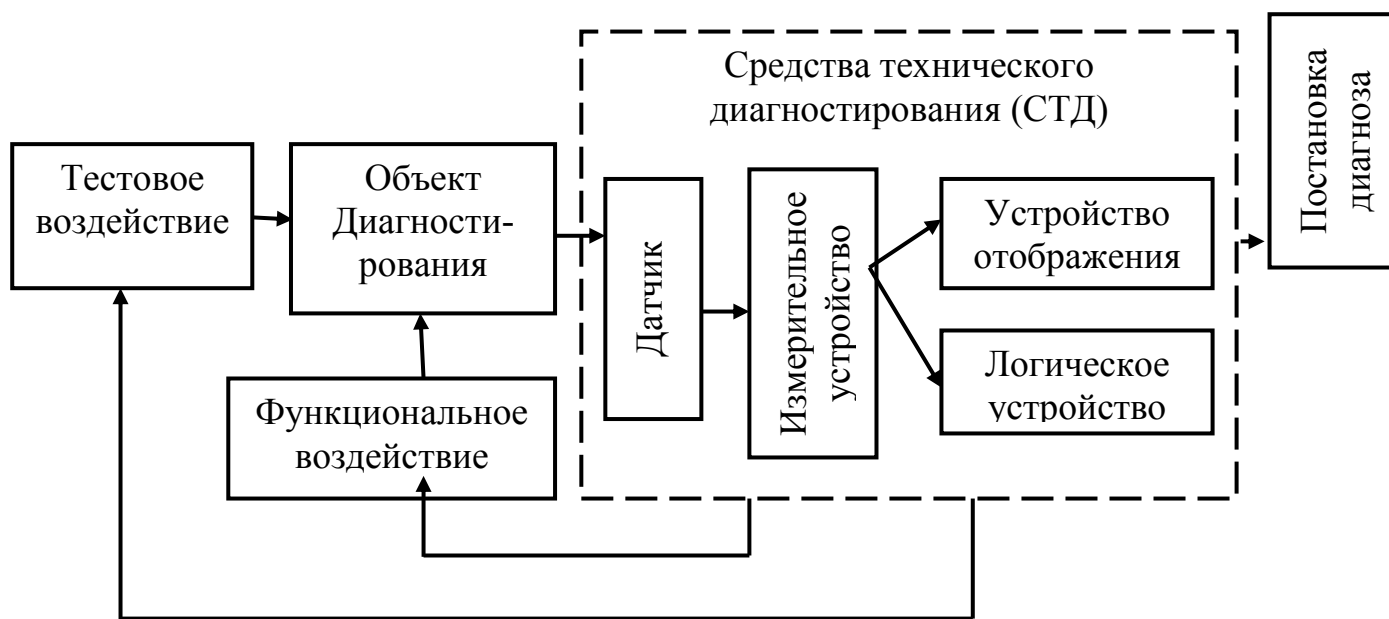


Рис. 14.1. Схема общего процесса технического диагностирования.

14.2 Диагностические датчики

Важнейшим функциональным элементом электронных средств технического диагностирования транспортных средств являются датчики (первичные преобразователи) электрических и неэлектрических величин.

Датчик — средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации (давление, температура, частота, скорость, мощность, напряжение и т.д.) в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

В средствах технического диагностирования транспортных средств наиболее широко применяют датчики с электрическим выходным сигналом. Преимущества таких датчиков заключается в быстродействии, возможности автоматизации процесса измерения, многофункциональности и гибкости.

Наиболее распространенные виды датчиков (Рис. 14.2).

Контактные датчики быстрого действия. Эти датчики устанавливается на диагностических стендах, в которых вставляется или проезжает транспортные средства.

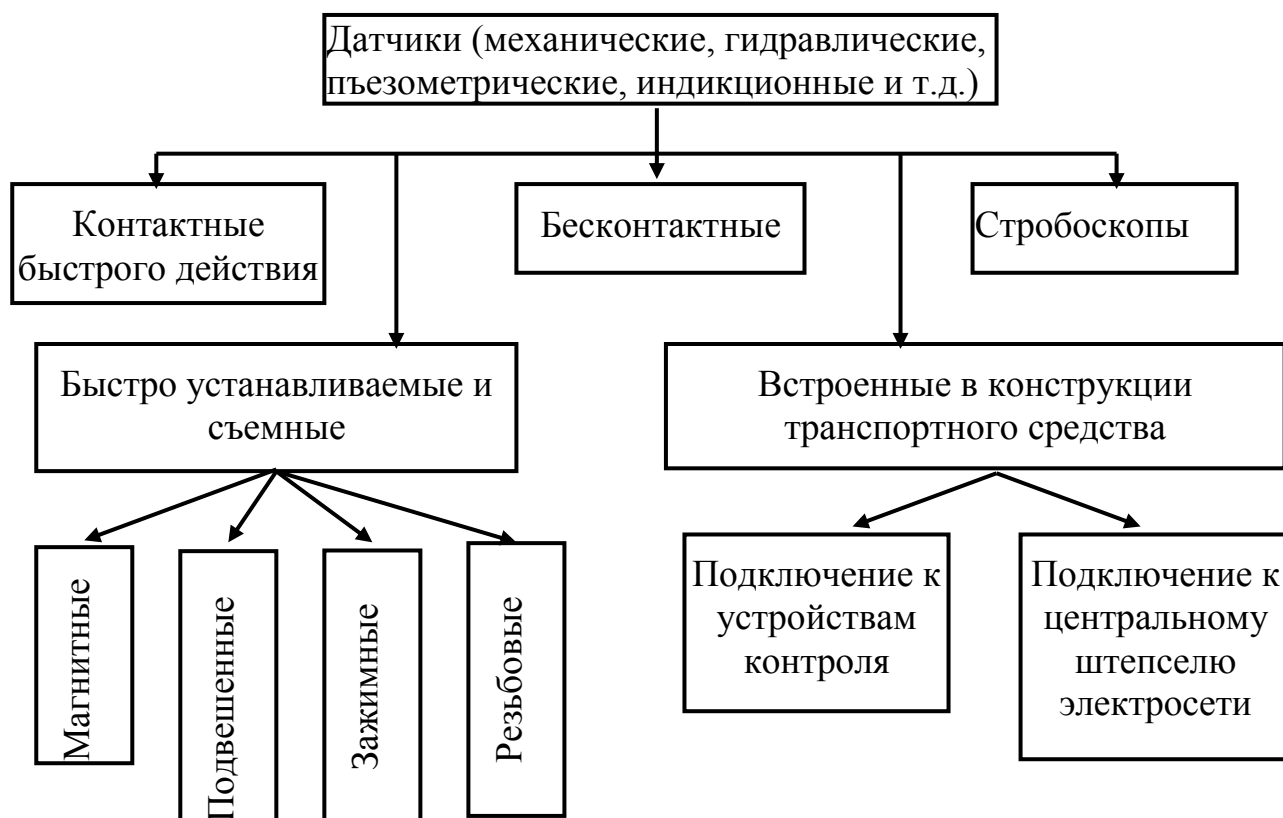


Рис. 14.2. Виды датчиков.

Бесконтактные диагностические датчики. Эти датчики не находятся в механическом контакте с объектом диагностирования. Контакт осуществляется через лучи света, магнитные или тепловые полюса.

Стробоскопы. Стробоскопические методы диагностирования, основаны на использовании стробоскопического эффекта. Стробоскопический эффект заключается в том, что вращающаяся деталь кажется неподвижной при освещении ее кратковременными вспышками с частотой, равной частоте вращения детали или кратной этой частоте. Это позволяет диагностировать все узлы, в которых происходят периодические движения деталей (возвратно-поступательные, качающие и вращающие).

Постоянно установленные диагностические датчики на транспортные средства. Они ускорят процесс диагностики агрегатов и механизмов, а также служить в качестве элементов системы автоматической диагностики. Встроенные датчики в конструкции транспортного средства, преобразуют изменение измеряемого параметра (давления, температуры, частоты вращения, уровня тормозной жидкости, топлива и масла и др.) в пропорциональные им электрические сигналы. Датчики сигнализаторов при определенном состоянии контролируемой среды замыкают цепи контрольной лампы или звукового сигнала.

Требования, предъявляемые к датчикам:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;
- стабильность характеристик во времени;

- высокая чувствительность;
- малые размеры и масса;
- отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс и на контролируемый параметр;
- работа при различных условиях эксплуатации;
- различные варианты монтажа.

14.3 Методы диагностирования транспортных средств

Методы диагностирования. Характеризуются способом измерения и физической сущностью диагностических параметров.

Можно выделить 3 группы методов:

1. **По выходным параметрам эксплуатационных свойств.** Эти методы базируются в основном на имитации скоростных и нагрузочных режимов работы транспортного средства и определении при заданных условиях выходных параметров. Для этих целей используются стенды с беговыми барабанами или параметры определяются непосредственно в процессе работы транспортного средства на линии. Методы диагностирования по параметрам эксплуатационных свойств дают общую информацию о техническом состоянии транспортного средства. Они позволяют оценить основные эксплуатационные качества транспортного средства: тормозные, мощностные, топливную экономичность, устойчивость и управляемость, надежность, удобство пользования и т.д.

2. **По геометрическим параметрам.** Эти методы базируются на объективной оценке геометрических параметров в статике и основаны на измерении значения этих параметров или зазоров, определяющих взаимное расположение деталей и механизмов. Проводят такое диагностирование в случае, когда измерить эти параметры можно без разборки сопряжений трущихся деталей. Структурными параметрами могут быть зазоры в подшипниковых узлах, газораспределительном механизме, кривошипно-шатунной и поршневой группах двигателя, шкворневом соединении колесного узла, рулевом управлении, углы установки передних колес и др. Диагностирование по структурным параметрам производится с помощью измерительных инструментов: щупов, линейек, штангенциркулей, нутромеров, индикаторов часового типа, отвесов, а также специальных устройств. Преимущество методов этой группы — возможность постановки точных диагнозов, простота средств измерения, а недостатки — большая трудоемкость, малая технологичность.

3. **По параметрам сопутствующих процессов.** К этим методам относятся, оценивающие параметры сопутствующих процессов. Например, герметичность рабочих объемов оценивается при обнаружении и количественной оценке утечек газов или жидкостей из рабочих объемов, узлов и агрегатов транспортного средства. К таким рабочим объемам можно отнести: камеру сгорания, герметичность которой зависит от состояния цилиндропоршневой группы и клапанов газораспределения, систему охлаждения, систему питания двигателя, шины, гидравлические и пневматические приборы и механизмы и др.

14.4 Средства технического диагностирования и требования предъявляемые к ним

Средства технического диагностирования (СТД) представляют собой технические устройства, предназначенные для измерения текущих значений диагностических параметров. СТД включают в себя: устройства, задающие тестовый режим, датчики, воспринимающие диагностические параметры и преобразующие их в сигнал, удобный для последующей обработки, измерительные устройства, устройства отображения информации, устройства обработки, анализа, хранения и выдачи информации.

Внешние СТД, т.е. не входящие в конструкцию транспортного средства, в зависимости от их устройства и технологического назначения бывают стационарными и переносными.

Встроенные(бортовые) средства технического диагностирования (СТД) входят в конструкцию транспортного средства. Обычно они состоят из датчиков, воспринимающих диагностические параметры и преобразующих их в сигналы, подходящие для измерения, измерительных устройств, устройств анализа и хранения информации (обычно это микропроцессорные блоки или бортовой компьютер), визуализирующих устройств, устройств для съёма диагностической информации внешними СТД, а также линий связи. Часто диагностическая информация также используется в системах управления транспортного средства. При этом системы управления получают эту информацию через специальные микропроцессорные блоки, либо от бортового компьютера, являющегося на сегодняшний день важнейшей составной частью транспортного средства и выполняющего многих функций.

Встроенные СТД позволяют постоянно в процессе эксплуатации контролировать состояние узлов и систем ТС, уменьшать трудоемкость последующей диагностики внешними СТД, уточнять периодичности проведения ТО.

В последнее время получили развитие встроенные СТД, которые способны прямо в процессе эксплуатации передавать диагностическую информацию на специальные диспетчерские пункты, что способствует улучшению контроля за техническим состоянием систем и узлов ТС и протеканием рабочих процессов.

Устанавливаемые СТД – выполняются в виде блока и устанавливаются на транспортных средств периодически, перед его выходом на линию.

Вышеперечисленные СТД различаются также по физической сущности используемых диагностических параметров, по степени воздействия на объект (тестовые воздействия, рабочие режимы), по форме представления информации (звуковая, цифровая, аналоговая, дискретная типа «да - нет», «годен - негоден», с накоплением информации и т.д.), по степени автоматизации и т.д. Информация этого блока в последующем может быть обработана и проанализирована. Примером УСТД (Устанавливаемые средства технического диагностирования) является блок, записывающий информацию об объемах и количестве заправок при работе транспортных средств.

Современные СТД должны обеспечивать достоверность и точность измерений, проведение анализа получаемой информации, ее накопление, хранение и выдачу пользователю, возможность обмена информацией между различными видами СТД, возможность формирования единого диагностического комплекса из различных СТД. Важным требованием является соответствие стоимости СТД решаемым задачам.

Информационно - советующие системы. В последнее время на базе встроенных систем контроля получают распространение информационно - советующие системы. Они позволяют водителю выбирать наиболее экономичный режим движения автомобиля, наиболее рациональный маршрут, планировать сервисное обслуживание, а также вносить в вышеперечисленное коррективы, отображающие изменения различных технико-экономических факторов – от расположения СТД и наличия в них требуемых запасных частей до колебаний курса валют и стоимости топлива на различных заправках.

При этом используется большое количество информации, получаемой, в том числе посредством электронного обмена данными, Интернета.

Требования к средствам диагностирования:

1. Универсальность, пригодность для проверки различных транспортных средств.
2. Механизация и автоматизация отдельных процессов контроля с целью ускорения проверок, сокращения трудоёмкости работ и снижения квалификации рабочих.
3. Достоверность и стабильность показаний, точность и чувствительность приборов, простота и доступность приборов для обслуживающего персонала средней квалификации.
4. Минимальное время на подключение приборов и выполнение контрольных операций.
5. Удобство и безопасность проведения диагностических работ.
6. Обеспечение контроля технического состояния агрегатов при работающем и неработающем транспортном средстве или в режимах, отличающихся от рабочих.

Вопросы для самоподготовки

1. Классификация методов диагностирования?
2. Классификация средств диагностирования?
3. Какие требования предъявляются к средствам диагностики?
4. Расскажите о встроенных средствах диагностики.
5. Последовательность процесса технического диагностирования.

Тема-15. Технические средства диагностирования узлов и систем, влияющих на безопасность движения транспортных средств - 2 часа

План:

15.1 Нормативная база для контроля узлов, влияющих на безопасность движения.

15.2 Диагностирование тормозных свойств.

15.3 Классификация стендов для диагностики тормозных свойств.

15.4 Диагностика рулевого управления.

15.5 Диагностика внешних световых приборов, состояния лобовых стекол, стеклоочистителей, стеклоомывателей.

15.6 Диагностика шин, колес.

Ключевые слова: технология диагностики; тормозной стенд инерционного типа; тормозной стенд силового типа; люфт; площадочный стенд; роликовый стенд; замедление; стендовое испытание; скорость; тормозная система; диагностика тормозной системы; время срабатывания тормозной системы; путь торможения; общая диагностика; тормозная сила; ходовые испытания; безопасность движения; поэлементная диагностика.

15.1 Нормативная база для контроля узлов, влияющих на безопасность движения

В процессе эксплуатации техническое состояние транспортных средств по безопасности дорожного движения должно отвечать нормативным требованиям ГОСТ 25478-91 и O'zDSt 1057: 2004 ISO 1057 : 2004. Кроме того, существует правила ЕЭК ООН (Европейская экономическая комиссия ООН), Правила "Евро", международные стандарты ISO.

Требования безопасности к техническому состоянию тормозного управления и методы контроля устанавливаются государственными стандартами Узбекистана O'zDSt 1057:2004 и O'zDSt 1058:2004.

Действия рабочей и запасной тормозных систем должно обеспечивать возможность плавного и пропорционального изменения тормозного усилия на колесе.

Требования к техническому состоянию транспортных средств:

- в эксплуатации не допускается исключать предусмотренные или устанавливать не предусмотренные конструкцией элементы тормозного и рулевого управлений, а также иных составных частей транспортного средства, требования к которым установлены в стандарте, без согласования с предприятием-изготовителем транспортного средства или иной уполномоченной на то организацией;

- рабочие жидкости и детали (включая элементы их крепления) тормозного и рулевого управлений, а также иные составные части транспортного средства, не допускается заменять на аналогичные по назначению жидкости и детали, не соответствующие требованиям, установленным к ним в технической и нормативно-технической документации, или без согласования с уполномоченной на то организацией;

- применение в рулевом механизме и рулевом приводе деталей со следами остаточной деформации, трещинами и другими дефектами не допускается;

- эффективности торможения и устойчивость транспортного средства при торможении должны соответствовать нормативным требованиям;

- не допускается изменение положения и углы установки внешних световых приборов;

- на балках осей не должны быть трещины, большие деформации, а также неправильно восстановленные с дефектами детали.

15.2 Диагностирование тормозных свойств

По данным статистики количество дорожно-транспортных происшествий, обусловленных неисправностями тормозных систем транспортных средств, составляет 40–45% от всех аварий, возникающих по техническим причинам.

Своевременное выявление этих неисправностей должно обеспечиваться диагностированием. Процесс диагностирования тормозов организуется на основе перечня их характерных неисправностей и условий эксплуатации. Соответственно подбираются диагностические параметры, определяются нормативные показатели, средства, технология и организация процессов диагностирования на транспортном предприятии.

Торможение автотранспортного средства характеризуется эффективностью и устойчивостью. Эффективность торможения характеризует способность тормозной системы создавать искусственное сопротивление движению автотранспортного средства. Устойчивость автотранспортного средства при торможении характеризуется его способностью оставаться в пределах нормативного коридора движения в процессе торможения (Рис 15.1).

Требования безопасности к техническому состоянию тормозного управления и методы контроля устанавливаются государственными стандартами Узбекистана O'zDSt 1057:2004 и O'zDSt 1058:2004.

Нельзя эксплуатировать тормозное управление, имеющее элементы с механическими повреждениями, трещинами, деформацией. Не допускается загрязнение тормозных механизмов смазочными материалами и тормозной жидкостью. Не допускаются коррозия элементов тормозного привода, нарушения герметичности трубопроводов и соединений. Расположение и длина соединительных шлангов пневмопривода тормозной системы должны исключать возможность их повреждения при работе подвески, повороте управляемых колёс, взаимных перемещениях звеньев автопоезда. Не допускается применение дополнительных переходных элементов гибких тормозных шлангов, разбухание шлангов под давлением.

Диагностические параметры тормозов делятся на две группы, обеспечивающие общее и поэлементное диагностирование.

К общей группе относятся:

- тормозной путь;
- замедление транспортного средства;
- тормозные силы и их разность на колесах каждой оси.

К поэлементной группе относятся:

- сила нажатия на педаль;
- скорость нарастания и спада тормозных сил;
- время срабатывания тормозных механизмов;
- свободный ход педали;
- производительность компрессора и некоторые другие.

Проверка эффективности тормозов осуществляется методами ходовых и стендовых испытаний.

Определение количественных значений показателей эффективности и устойчивости проводится при дорожных и стендовых испытаниях. Стендовые и дорожные испытания проводят при отсоединённом от трансмиссии двигателе, отключённых приводах дополнительных ведущих мостов и разблокированных трансмиссионных дифференциалах. Испытания могут проводиться при полной либо снаряжённой массе автотранспортного средства. Предварительного «разогрева» тормозных механизмов многократным торможением не проводят. Шины испытываемого автотранспортного средства должны быть сухими, чистыми, иметь допустимую остаточную высоту протектора. Во время испытаний параметры измеряют не менее двух раз.

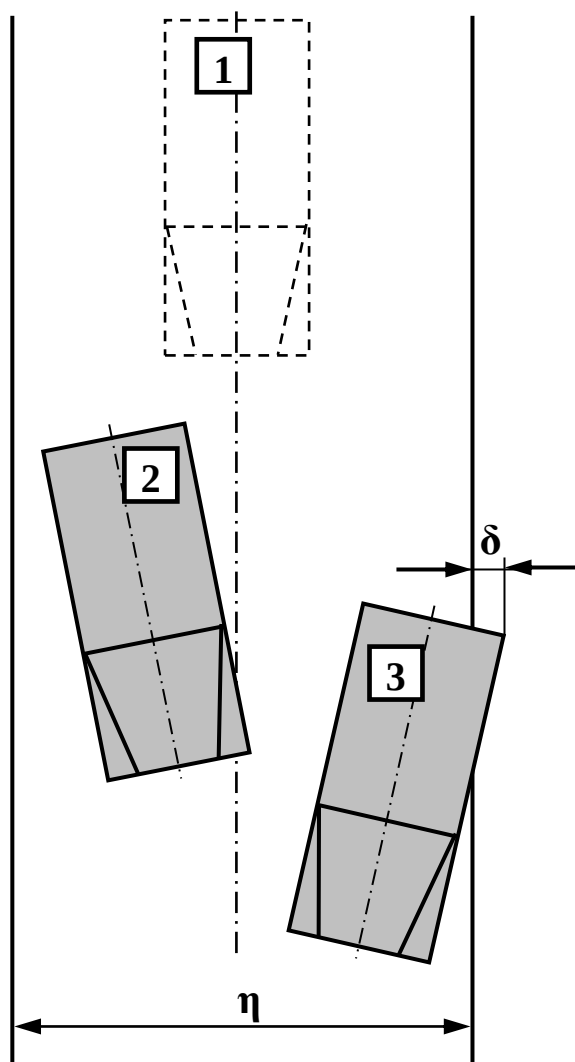


Рис.15.1 Устойчивость автотранспортного средства при торможении характеризуется его способностью оставаться в пределах нормативного коридора η движения в процессе торможения; поз.1 – начальное положение автомобиля, поз.2 – автомобиль не вышел за нормативный коридор, поз.3 – автомобиль вышел за нормативный коридор η на величину δ . Торможение производят в полном экстренном режиме с высоким темпом нажатия на тормозную педаль.

При контроле эффективности рабочей тормозной системы автотранспортных средств полной массы методом дорожных испытаний измеряют тормозной путь, а для автотранспортных средств снаряженной массы – установившееся замедление. Торможение производят в полном экстренном режиме с высоким темпом нажатия на тормозную педаль.

Ходовые испытания применяют главным образом как инспекторскую проверку для грубой оценки тормозных качеств транспортных средств. Испытания могут проводиться визуально по тормозному пути и синхронности начала торможения колес при резком однократном нажатии на педаль (сцепление выключено), а также с использованием переносных приборов - деселерометров (или деселерографов).

Диагностирование по тормозному пути должно проводиться на ровном, сухом, горизонтальном участке дороги, свободном от движущегося транспорта.

Тормозной путь, т. е. путь, пройденный за время непосредственного торможения (при выключенном сцеплении), определяется выражением:

$$S_{\partial} = \frac{K_{\partial} \cdot V_a^2}{26\varphi \cdot g}, \quad (15.1)$$

где v_a - скорость движения транспортного средства в момент начала торможения, км/ч; K_{∂} - коэффициент эксплуатационных условий, учитывающий совместное влияние нагрузки транспортного средства и технического состояния тормозов (для легковых автомобилей 1,44, для грузовых - 2,0...2,44); g - ускорение свободного падения м/с²; φ - коэффициент сцепления шин с дорогой.

Для легковых автомобилей (при $v_a=30$ км/ч) тормозной путь составляет 7,2 м, а для грузовых транспортных средств и автобусов в зависимости от грузоподъемности 9,5...11,0 м.

Диагностирование тормозов по замедлению транспортного средства с использованием деселерометров осуществляется также на ровном горизонтальном участке дороги. Транспортные средства разгоняют до скорости 10...20 км/ч, резко тормозят однократным нажатием на педаль при выключенном сцеплении и замеряют максимальное отрицательное ускорение:

$$J_{\max} = \frac{V_a^2}{26S_m}. \quad (15.2)$$

Для легковых автомобилей оно составляет не менее 5,8 м/с², а для грузовых в зависимости от грузоподъемности от 5,0 до 4,2 м/с². Для ручных тормозов замедление транспортного средства должно быть в пределах 1,5-2, м/с².

Контроль тормозных свойств осуществляется преимущественно методом стендовых испытаний, поскольку дорожные испытания значительно более трудоёмки и требуют значительных площадей для организации их проведения.

При стендовом контроле рабочей, запасной и стояночной тормозных систем по параметрам эффективности торможения определяют значения общей удельной тормозной силы. Для контроля рабочей тормозной системы с пневматическим приводом по параметрам эффективности торможения определяются время срабатывания тормозной системы или время срабатывания тормозного привода.

15.3 Классификация стендов для диагностики тормозных свойств

Классификация стендов для диагностирования тормозных свойств транспортных средств представлена на рис. 15.2.



Рис. 15.2. Классификация методов проверки тормозов транспортных средств.

На автотранспортных предприятиях и станциях технического обслуживания, диагностирование транспортных средств осуществляется в основном на стендах. Стенд такое устройство, который создает (имитирует) условие движения как на дорогах транспортного средства.

Площадочный тормозной стенд инерционного типа. Транспортное средство разгоняется до скорости 6-12 км/ч и при наезде колесами 4 на площадки 1 стенда резко тормозится (рис. 15.3). Если тормоза неэффективны, то колеса транспортного средства прокатываются по площадкам стенда (площадки не перемещаются). Если же тормоза эффективны, колеса затормаживаются и блокируются, а под влиянием сил инерции и сил трения между колесами и поверхностью площадок транспортное средство перемещается вперед и захватывает с собой площадки.

Основными преимуществами площадочных стендов является их быстродействие, малая металло- и энергоемкость. Наиболее удобны стенды для проведения инспекторского контроля с выдачей заключения «годен - не годен».

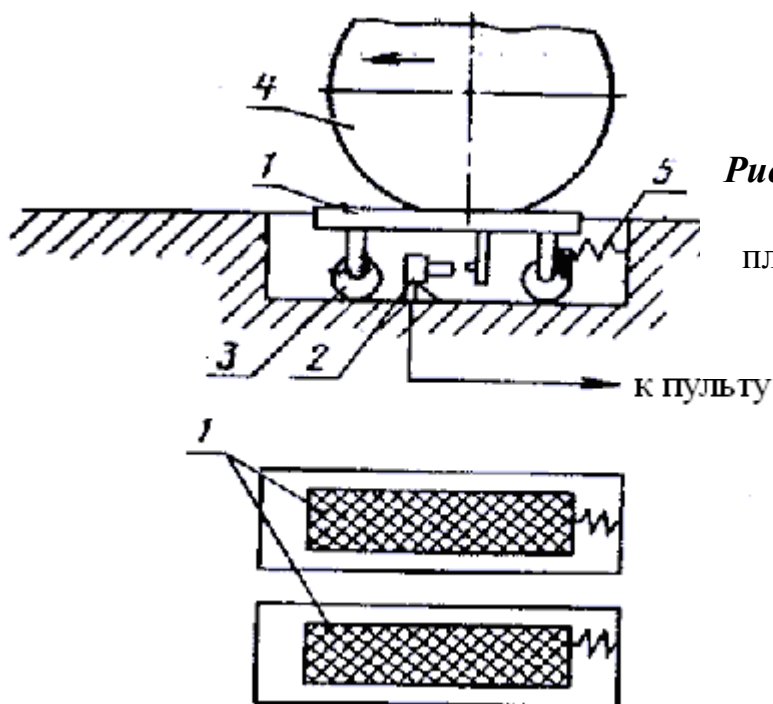


Рис. 15.3. Схема площадочного тормозного стенда: 1 — площадки стенда; 2 — датчик; 3 — ролики; 4 — колесо транспортного средства.

К недостаткам можно отнести низкую стабильность показаний из-за изменения коэффициента сцепления колес транспортного средства с площадками (колеса мокрые, грязные и т. д.) и заезда автомобиля с перекосом.

Роликовый тормозной стенд инерционного типа. Привод осуществляется от электродвигателя мощностью 55-90 кВт через редуктор и электромагнитные муфты, при отключении которых блоки роликов становятся самостоятельными динамическими системами. Беговые ролики соединены с маховыми массами (рис. 15.4).

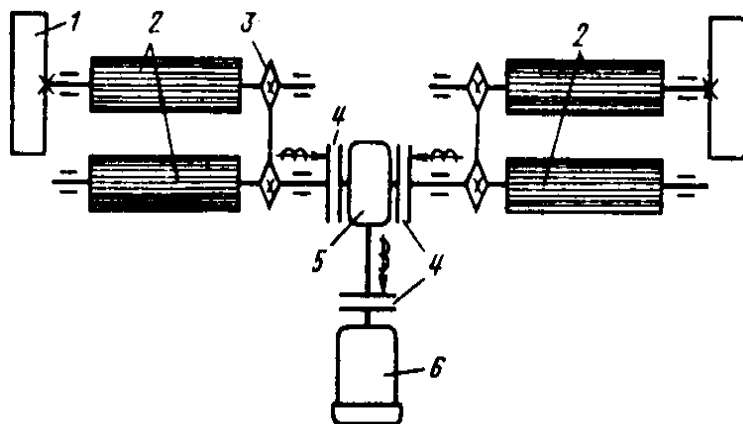


Рис. 15.4. Схема тормозного стенда инерционного типа с беговыми роликами: 1 — маховик; 2 — ролики стенда; 3 — цепная передача; 4 — электромагнитная муфта; 5 — редуктор; 6 — электродвигатель.

Для обеспечения имитации реальных условий маховые массы подбираются таким образом, чтобы момент инерции их и беговых роликов при заданной скорости вращения обеспечивал кинетическую энергию, соответствующую кинетической энергии поступательно движущейся массы транспортного средства, приходящейся на одну ось.

После установки транспортного средства на инерционный стенд окружную скорость колес доводят до 50...70 км/ч и резко тормозят, одновременно разобщая все каретки стенда путём выключения электромагнитных муфт. При этом в

местах контакта колес с роликами стенда возникают силы инерции, противодействующие тормозным силам. Через некоторое время вращение роликов стенда и колес транспортного средства прекращается. Пути, пройденные каждым колесом транспортного средства за это время, или угловое замедление роликов будут эквивалентны их тормозным путям и тормозным силам.

Тормозной путь определяют по числу оборотов роликов стенда, фиксируемому счетчиком, или по продолжительности их вращения, измеряемой секундомером, а замедление- угловым деселерометром.

Преимуществами тормозных стендов инерционного типа являются высокая степень точности и достоверности определения показателей, возможность испытаний тормозов в режимах, приближающихся к реальным условиям.

Недостатки: стенды инерционного типа металлоемки (с инерционными массами до 5 т) и энергоемки. Наиболее целесообразно применение стендов данного типа при проведении приемочного контроля автомобилей с целью комплексной оценки их тормозных свойств.

Тормозной стенд силового типа. Так же, как и инерционные, они выполнены в виде двух пар роликов, соединенных цепными передачами. Каждая пара роликов имеет автономный привод от соединенного с ним жестким валом электродвигателя мощностью 4...13 кВт с встроенным редуктором (мотор-редуктором). Вследствие использования редукторов планетарного типа, имеющих высокие передаточные отношения (32...34), обеспечивается невысокая скорость вращения роликов при испытаниях тормозов, соответствующая 2...4 км/ч скорости автомобиля. На роликах стенда нанесена насечка или специальное асфальтобетонное покрытие, обеспечивающее стабильность сцепления колес с роликами (рис.15.5).

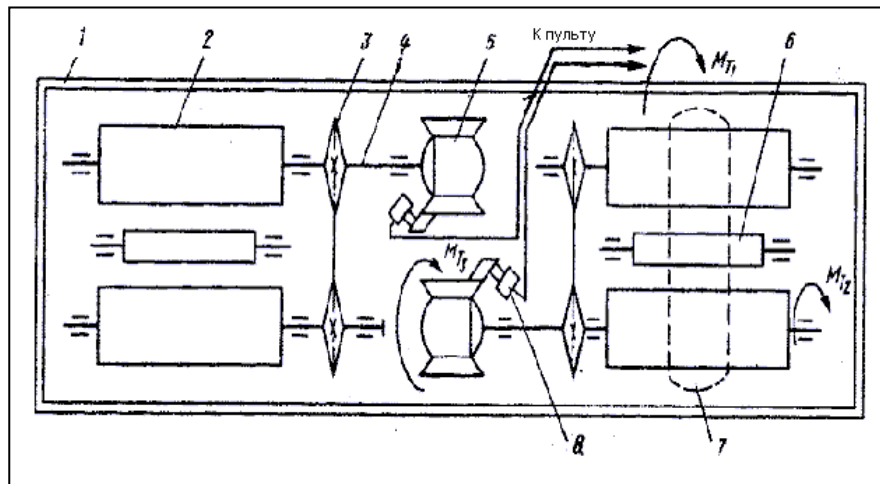


Рис. 15.5. Схема роликового тормозного стенда силового типа:

1—рама; 2—ролик; 3—цепная передача; 4—вал; 5—мотор-редуктор; 6—блокировочный ролик; 7—колесо транспортного средства; 8—датчик давления.

Транспортное средство устанавливают колесами одной из осей на ролики стенда, включают приводные двигатели, вращаются колеса ТС роликами стенда, постепенно нажимают на тормозную педаль. Возникающие при этом тормозные силы P_T измеряют по величине реактивных моментов на статорах

электродвигателей. Одновременно измеряют ряд других диагностических параметров: зависимость изменения тормозной силы от силы давления на педаль (для гидротормозов); силу и постоянство сопротивления незаторможенного колеса; время срабатывания тормозных механизмов и др.

Преимуществами тормозных стендов силового типа являются их достаточно высокая точность, а низкая скорость вращения роликов при испытании тормозов определяет их высокую технологичность. К недостаткам стендов относится их металло - и энергоёмкость. Наиболее удобны эти стенды при проведении операционного контроля, когда с их использованием определяется эффективность тормозов, проводятся при необходимости регулировочные работы и повторной проверкой оценивается качество выполненных регулировок.

15.4 Диагностика рулевого управления

Рулевое управление является одной из систем обеспечивающих безопасности движения транспортного средства. Поэтому диагностирование технического состояния осуществляется при ежедневном обслуживании, первом и втором технических обслуживаниях.

В таблице 11 приведены некоторые возникающие отказы и неисправности и соответствующие диагностические симптомы и параметры.

Таблица 11

Некоторые диагностические показатели по рулевому управлению

№ п/п	Отказы и неисправности	Симптомы	Диагностические параметры
1.	Увеличения свободного хода рулевого колеса (износ в парах червяк-втулка)	Увеличения люфта рулевого колеса	Люфт
2.	Трудное вращение рулевого колеса	Трудное вращение рулевого колеса	Усилие вращения
3.	Вертикальное перемещение рулевой колонки (износ подшипников)	Вертикальное перемещение рулевой колонки (износ подшипников)	Осевой зазор

Для рулевого управления нормируется величина люфта рулевого колеса (10^0 для легковых, 20^0 для автобусов и 25^0 - для грузовых автомобилей).

Вращение рулевой колонки должно проходить плавно, без рывков, заеданий, самопроизвольных движений. Не допускаются не предусмотренные конструкцией относительные перемещения деталей и узлов рулевого управления. Для контроля рулевого управления применяют люфтомеры, стенды с поворотными площадками.

15.5 Диагностика внешних световых приборов, состояния лобовых стекол, стеклоочистителей, стеклоомывателей

Для внешних световых приборов проверяется соответствие их количества, расположения и углов видимости ГОСТ 8709-92. Контроль света фар должен проводиться на вертикальном экране с нанесенной специальной разметкой или

переносных приборах. Например: для контроля и регулировки фар применяется прибор К-310 (рис.15.6). Внем, определяют направление лучи и силы света фары.

В состав прибора входят передвижная тележка (1) на колесиках для качения на пластиковых роликах (или по рельсам) для перемещения по ровному полу к передней части автомобиля с отсеком (3) для укладки выносного датчика проверки указателей поворота, стойка (2), оптический визир (4) для установки оптической оси прибора параллельно продольной плоскости симметрии автомобиля, оптическая камера (5), оснащенная плоской линзой Френеля в передней части и экраном в задней части.

Для проверки и регулировки направления распространения света фар применяют специальные экраны с разметкой или приборы для проверки света фар, позволяющие так измерять силу света. Сила света парных фонарей одного назначения не должна отличаться более чем в 2 раза. Работа боковых указателей поворота, проверяется универсальным измерителем времени.

Транспортные средства также должны быть снабжены стеклоочистителями и стеклоомывателями, обеспечивающими вытирание очищаемой поверхности не более чем за 10 двойных ходов в минуту для автобусов и за 5 – для остальных АТС.

Лобовые стекла не должны иметь трещин, дополнительных предметов, уменьшающих обзорность.

Для измерения их светопропускания используют приборы – люкметры.

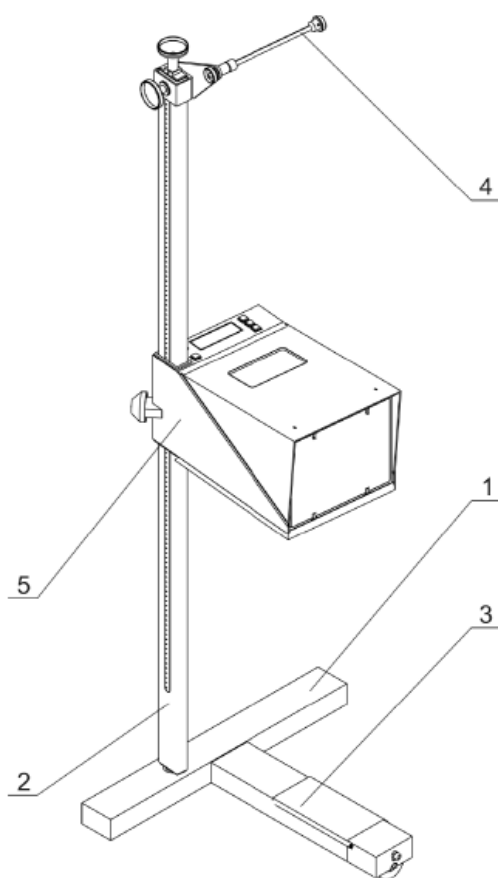


Рис.15.6. Измеритель параметров света фар

1–тележка; 2- стойка; 3-отсек для укладки выносного датчика; 4 -оптический визир системы ориентации; 5 –измерительный блок.

15.6 Диагностика шин, колес

Проводится регулярный замер давления в шинах. Внешний осмотр всех шин проводится при вывешенных подъёмным механизмом колёсах. Не допускается местное отслоение протектора, а так же наличие повреждений (пробоев, сквозных и несквозных прорезов), которые обнажают корд. Наличие инородных предметов между сдвоенными шинами.

Замеряется остаточная высота протектора шин с помощью специальных шаблонов, приборов или линейкой.

Высота рисунков протекторов шин должна быть не менее:

Для легковых автомобилей – 1,6 мм;

Для грузовых автомобилей – 1,0 мм;

Для автобусов – 2 мм;

Для прицепов и полуприцепов тех же значений, что и для шин сцепленных с ними тягачей.

Проводится визуальный осмотр с обеих сторон каждого колеса транспортного средства, установленного на подъёмнике или смотровой канаве. Не допускаются отсутствие или ослабление гаек колёс, трещины или глубокие вмятины на дисках и ободах, деформация колёс.

Шина представляет собой сложное технологическое изделие, состоящее из большого числа разнородных элементов из разных составов резиновой смеси, а также стали, текстиля, синтетических материалов. Кроме того, колесо в сборе может быть установлено с нарушением центровки относительно ступицы автомобиля, диск имеет отверстие под вентиль и сам вентиль имеет некоторую массу. Возникает неравномерное распределение массы – дисбаланс.

При вращении колеса возникает переменная центробежная сила, а также переменный вращающий момент на оси, что ведет к возникновению вибраций колеса, вибраций элементов рулевого управления и подвески. Снижается безопасность движения, ухудшается комфортность, происходит преждевременное разрушение элементов подвески и шины.

Различают статический дисбаланс (когда центр тяжести не совпадает осью вращения колеса) и динамический дисбаланс (вследствие неуравновешенности масс по ширине колеса). В основном при балансировке колеса имеет место комбинированный дисбаланс, сочетающий статическую и динамическую составляющую.

Динамический дисбаланс можно выявить только при вращении колеса. Для ликвидации производят компенсацию неоднородности массы, используя балансировочные грузики.

Для проведения диагностических работ колесо устанавливают для вращения на планшайбе вала электродвигателя стенда.

Вопросы для самоподготовки

1. Перечислите узлы и детали, влияющие на безопасность движения.

2. Расскажите о нормативной базе для контроля узлов и деталей, обеспечивающих безопасность движения.
3. Перечислите критерии для оценки устойчивости торможения.
4. Каковы нормативы остаточной глубины протектора шин автомобилей.
5. Для чего проводят финишную балансировку колёс?

Тема-16. Технические средства диагностирования тяговых качеств транспортных средств - 2 часа

План:

- 16.1 Методы диагностики тяговых качеств.
- 16.2 Классификация тяговых стендов диагностирования.
- 16.3 Бесстендовые методы диагностирования тяговых качеств транспортных средств.
- 16.4 Диагностирование трансмиссии.
- 16.5 Диагностирование ходовой части.

Ключевые слова: тяговые качества, ходовые испытания, стендовый контроль, интенсивность разгона, тяговая сила на ведущих колесах, мощность на колесах, мощность двигателя, максимальная скорость, приемистость, время разгона, путь разгона, путь и время наката (выбега), расход топлива, силовые стенды, инерционные стенды, бесстендовые методы диагностирования тяговых качеств, уровень шума, виброакустические параметры, расход масла, состав картерного масла, спектральный анализ, твердые частицы, герметичность рабочих объемов

16.1 Методы диагностики тяговых качеств

Применяют ходовые испытания, стендовый контроль и диагностику при помощи переносных приборов (рис.16.1).

Интенсивность разгона (приемистость) определяют путём оценки ускорения при резком открытии дроссельной заслонки на транспортные средства, движущиеся с определённой начальной скоростью. Аналогичным путём определяют выбег (путь автомобиля по инерции) от максимальной скорости до нулевой, по цвету отработавших газов судят о составе рабочей смеси и угаре масла. На ходу транспортного средства оценивают работу трансмиссии (сцепления, коробки передач, карданной передачи и главной передачи). Объективная оценка технического состояния автомобиля может быть получена по результатам диагностирования с применением специальных технических средств – стационарных стендов и переносного оборудования.

Измеряемые параметры при различных видах диагностики:

При стендовом контроле:

- 1) Тяговая сила на ведущих колесах;
- 2) Мощность на колесах, мощность двигателя;
- 3) Максимальная скорость;
- 4) Приемистость;
- 5) Время разгона;
- 6) Путь разгона;

- 7) Путь и время наката (выбега);
- 8) Расход топлива и др.

При ходовых испытаниях.

- 1) Максимальный подъем, преодолеваемый на различных передачах;
- 2) Максимальный подъем, преодолеваемый на низшей передаче;
- 3) Максимальное усилие на крюке (буксирование).

При ходовых испытаниях могут также применяться и диагностические параметры, перечисленные в предыдущем пункте.

16.2 Классификация тяговых стендов диагностирования

Динамометрические стенды позволяет имитации (подражания) скорости и режимы нагрузки транспортных средств во время измерения основных параметров, а также определение технического состояния агрегатов и систем.

По методу нагружения тяговые стенды делится на две группы: Силовые и инерционные стенды.

Силовые стенды: эти стенды оснащены нагрузочными устройствами и предназначены для работы в тестовом режиме.

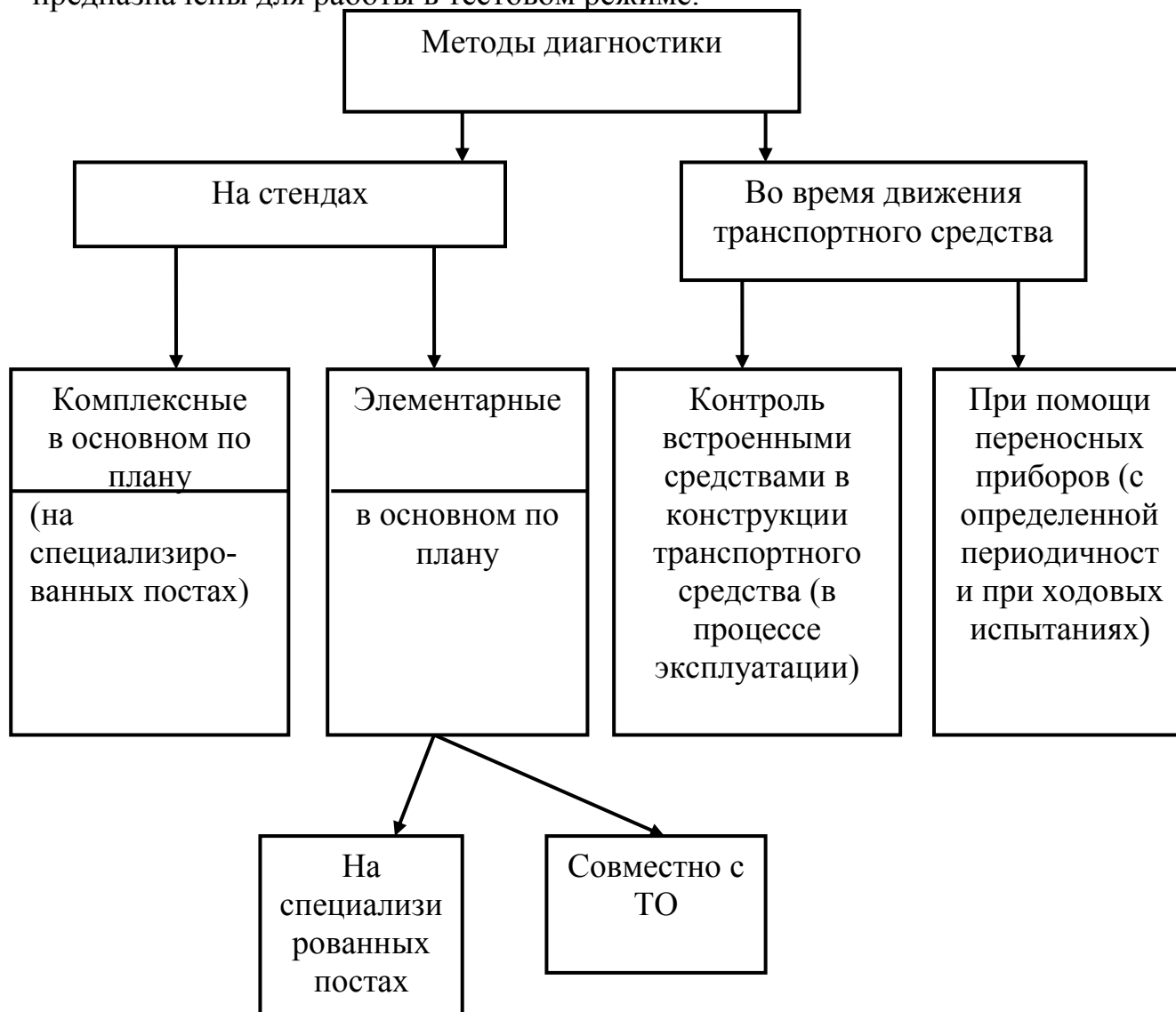


Рис.16.1. Методы диагностики тяговых качеств

Инерционные стенды: эти стенды оснащены маховиками, масса маховика позволяет объекту работать в тестовом режиме.

Стенд для проверки тягово-экономических качеств состоит из опорного и нагрузочного устройств, пульта управления и индикации, устройства отвода газов, страховочных и дополнительных устройств (рис. 16.2).

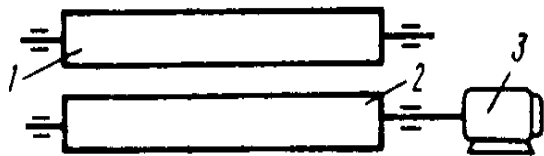


Рис.16.2. Схема стенда тяговых качеств силового типа: 1- поддерживающий барабан; 2- нагрузочный барабан; 3-нагрузочное устройства (тормоз)

Опорное устройство состоит из блоков роликов, устройства въезда – выезда, инерционных масс и нагрузочного устройства.

Нагрузочные устройства бывают:

- а) Механические.
- б) Гидравлические.
- в) Электрические (постоянного и переменного тока).
- г) Электромагнитные (индукционные).

Страховочные устройства повышают безопасность проведения испытаний – боковые упоры (отбойные ролики), упорные башмаки или упоры с механическим приводом, дополнительные устройства, например, осуществляют обдув с целью охлаждения двигателя (рис.16.3).

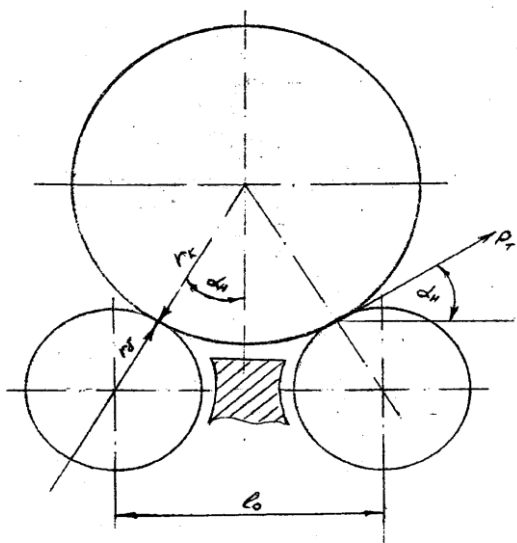


Рис. 16.3 Схема сил действующих на колесо транспортного средства на стенде.

16.3 Бесстендовые методы диагностирования тяговых качеств транспортных средств

Бесстендовые методы диагностирования применяются в случаях, когда использование динамометрических стендов экономически нецелесообразно или затруднено вследствие технологических или организационных особенностей. Поэтому в настоящее время из-за повышенной стоимости производственных помещений для диагностирования тягово-экономических качеств, транспортных средств, широко используются методы бесстендовых диагностирования.

Эти методы диагностирования следующее:

- токсичность отработавших газов;
- уровень шума, виброакустические параметры;
- расход масла;
- состав картерного масла (спектральный анализ, твердые частицы);
- герметичность рабочих объемов и др.

Диагностирование по составу и изменению свойств картерных масел.

Методы диагностики, основанные на анализе состава и свойств картерных масел позволяют с высокой достоверностью диагностировать и прогнозировать техническое состояние агрегатов. Элементы рассматриваемого диагностирования двигателя можно так же применять для диагностирования других агрегатов по составу их картерных масел.

Для организации диагностирования транспортных средств по составу картерных масел необходима высокая технологическая дисциплина организации процесса диагностирования и всей технической эксплуатации. Должен быть налажен учёт и анализ информации по каждому объекту. Агрегат должен в течение всего времени наблюдения за его техническим состоянием работать на масле одной марки, допустима лишь смена вязкостных классов при работе на сезонных маслах..

Основными диагностическими параметрами в этих случаях являются концентрация, дисперсионный и элементарный составы механических примесей, кинематическая вязкость масла, кислотное и щелочное числа, а также содержание воды в масле. С точки зрения диагностирования состояния основных систем транспортных средств (двигателя, трансмиссии, гидросистемы управления) наиболее информативны первые три показателя.

Для анализа содержания механических примесей в масле используют химический, спектральный, радиометрический, активационный и оптико-физические методы.

16.4 Диагностирование трансмиссии

Ходовые испытания для диагностирования трансмиссии и ходовой части (испытания на плавность хода с измерением горизонтальных и продольных ускорений и других характеристик агрегатов) в условиях эксплуатации практически не используются.

Субъективным диагностированием можно выявить изменения таких диагностических параметров, как значительное увеличение температуры агрегатов, уменьшение продолжительности движения транспортного средства накатом, трудности включения и самопроизвольное выключение коробки передач, пробуксовка, неполное или резкое выключение сцепления, увеличение шумности работы, ухудшение плавности хода, управляемости, устойчивости и т. д.

Внешним осмотром проверяют наличие деформаций, механических поломок деталей, негерметичных соединений (подтеканий эксплуатационных жидкостей).

Для контроля технического состояния трансмиссии в целом измеряется мощность, механических потерь с помощью тяговых стендов, а так же оцениваются такие диагностические параметры, как шум, вибрация, нагрев отдельных узлов, указывающие на неисправности в их работе.

Подшипники и шестерёнчатые механизмы трансмиссии, работающие с определёнными зазорами, обуславливают ударное приложение нагрузки и вызывают вибрацию. Энергия ударов в подшипниках и шестернях, а следовательно и амплитуда вибраций пропорциональна величине зазоров, количеству и величине надломов, сколов и трещин в элементах сопряжённых пар. Кроме того, каждому узлу и характерным неисправностям соответствует определённая частота колебаний. Амплитудно-частотные характеристики измеряются в характерных точках при определённом тестовом режиме работы тягового стенда. Используются фазоизбирательные устройства и частотные фильтры, снижающие наложения вибросигналов от нескольких источников.

Проверка уровней вибрации в заданных полосах частотного спектра позволяет определить место нахождения неисправности. Например, дисбаланс карданного вала оценивают с помощью низкочастотного виброметра, закрепляемого на корпусе подшипника шлицевого соединения карданного вала. Виброакустическая диагностика узлов трансмиссии во многом подобна виброакустической диагностике двигателя, изученной ранее.

16.5 Диагностирование ходовой части

Диагностирование рам и мостов

Визуально проверяется отсутствие коррозии, разрушений, трещин, деформаций рамы и несущих элементов (лонжеронов, стоек кузова) а также в местах крепления мостов и агрегатов АТС. Рама, ферма или несущий кузов должны иметь правильную геометрию, их элементы должны быть надёжно соединены между собой.

Не допускается наличие трещин и значительных деформаций на балках осей, ненадёжное крепление оси к транспортному средству.

Не допускаются трещины или деформации в поворотной цапфе и ослабленное крепление шкворня к вилке оси, износ втулок и шаровых опор.

Контроль радиального и осевого зазоров в шкворневых соединениях проводят знакопеременным перемещением цапфы в вертикальном и боковом направлении. Радиальный зазор может быть измерен индикатором, а осевой – щупом. Зазоры замеряются в двух положениях: как при вывешенных колёсах, так и без вывешивания колёс.

Зазор между обоймой подшипника и его гнездом, а так же степень затяжки подшипника проверяется покачиванием колеса в поперечной плоскости (для управляемой оси – после устранения зазоров в шкворневом соединении).

Диагностирование подвески

Подвеска представляет собой совокупность направляющих, упругих и демпфирующих элементов (устройств), служащих для соединения рамы или кузова транспортного средства с мостами или колёсами. При определении технического состояния подвески используются диагностические параметры,

характеризующие свойства подвески направлять и передавать усилия от колёс (мостов) к раме (кузову), упругие и демпфирующие свойства, а так же возможности управления характеристиками управляемой подвески.

Ухудшение демпфирующих свойств, например, вследствие неисправных амортизаторов, ухудшает сцепление колес с поверхностью дороги. Неисправности амортизаторов приводят к ухудшению эффективности и устойчивости торможения при высоких скоростях; ухудшению управляемости; снижению курсовой устойчивости; повышению риска опрокидывания из-за увеличения кренов кузова; снижению порога начала аквапланирования; снижению комфортабельности и повышению утомляемости водителя. Влияние снижения демпфирования подвески на свойства автомобиля возрастает с увеличением скорости.

Техническое состояние подвески определяется анализом субъективной оценки эксплуатационных свойств автотранспортного средства, визуальным осмотром и техническим диагностированием с применением технических средств.

Постепенный характер изменения демпфирующих свойств подвески может привести к приспособлению стиля вождения к изменившимся свойствам автомобиля, что значительно затрудняет субъективный контроль.

Внешним осмотром деталей и узлов подвески выявляют повреждения, деформации и трещины направляющих аппаратов подвески и упругих элементов, ненадёжное крепление узлов к раме, осям, ненадёжное крепление деталей подвески, негерметичность амортизаторов и пневмобаллонов. Не допускаются повреждения грязезащитных чехлов. Шарнирные соединения (шаровые опоры, сайлентблоки) должны быть исправны и не иметь люфтов.

Вопросы для самоподготовки

1. Расскажите об устройстве стендов для проверки тяговых качеств.
2. Как классифицируются методы диагностирования тяговых качеств?
3. Перечислите диагностические параметры для диагностирования кривошипно-шатунного и газораспределительного механизма двигателя.
4. Перечислите диагностических параметров, которые можно измерять на тягово-мощностном стенде.
5. Перечислите преимущества диагностирования по составу и изменению свойств картерных масел.

Тема-17. Эффективность и перспективы развития технической диагностики - 2 часа

План:

- 17.1 Компьютерная диагностика.
- 17.2 Экологические нормативы.
- 17.3 Эффективность технической диагностики.
- 17.4 Перспективы развития технической диагностики.

Ключевые слова: Правила "Евро"; компьютерная диагностика; капитальные вложения; мотор-тестер; осциллограф; сканеры; статистическая информация; эффективность технической диагностики; экологические нормы;

электрическое и электронное оборудования; индивидуальная диагностическая информация.

17.1 Компьютерная диагностика

Компьютерная диагностика различных систем транспортного средства в настоящее время широко используется при выявлении дефектов и неисправностей. Принцип работы транспортного средства требует периодической оценки и соответственно диагностики инжектора, которая, как правило, осуществляется в процессе компьютерной диагностики двигателя. При данном подходе оценивается состояние различных узлов и агрегатов по прямым и косвенным признакам. Компьютерная диагностика позволяет оценивать не только состояние двигателя внутреннего сгорания и автоматической коробки передач, но и под контролем компьютерной системы измеряется геометрия кузова, а также на специальных стендах с помощью компьютерной диагностики проходит оценку состояния сочленений подвески и соответственно резинотехнических изделий, тормозной системы, амортизаторов, рулевого управления.

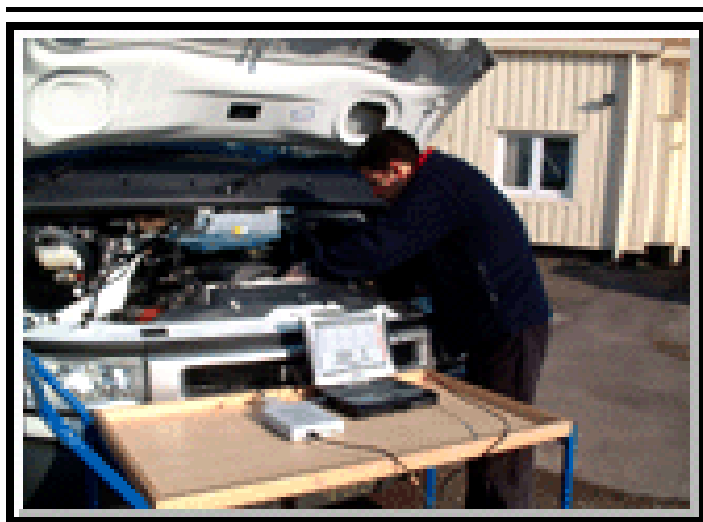


Рис. 17.1. Компьютерная диагностика двигателя

Обычно под компьютерной диагностикой понимают использование компьютеризованного оборудования. Причем такая диагностика может быть выполнена мотор тестером или сканером. Мотор тестер — это прибор, позволяющий измерять значения различных величин и характеристик работы мотора. Также для современных систем обязательно существует возможность проведения электронной диагностики или сканирования. При этом внешний компьютер-сканер подключается к специальному диагностическому разъему и позволяет читать коды ошибок, управлять исполнительными механизмами, читать значения сигналов с датчиков и величин коэффициентов с процессора управления.

17.2 Экологические нормативы

Нормативы по содержанию вредных веществ в отработавших газах двигателей транспортных средств содержатся в ГОСТ 33062—2014

Имеются международные стандарты, нормирующие содержание вредных веществ в отработавших газах – (правила «ЕВРО»).

Таблица 17.1.

В соответствии с положениями “Евро” нормативные количества выброса токсичных веществ

Нормы	Количество окси углерода (CO) г / кВт ч	Количество углеводорода (CH), г/кВт ч	Количество оксидов азота (NOx) г/кВт ч	Экологическ ие стандарты введены
Евро I	2.72	-	Сумма 1.97	1992
Евро II	2.2	-	Сумма 0.50	1996
Евро III	2.3	0.2	Сумма 0.15	2000
Евро III (Температур а атмосферы при минус 7°C)	15	1.8	Не нормировано	2000

Содержание окиси углерода и других веществ в отработавших газах бензиновых двигателях измеряются газоанализаторами.

Газоанализаторы представляют собой как автономные, так и встроенные в некоторые модели мотор-тестеров приборы. Газоанализаторы классифицируются по числу анализируемых компонентов. Наиболее сложные модели могут определять все основные компоненты отработавших газов бензинового двигателя.

Газоанализаторы бывают каталитического и инфракрасного принципа действия. Принцип действия первых основан на каталитическом дожигании содержащейся в выхлопных газах окиси углерода CO и фиксации повышения вследствие этого температуры при помощи электрического моста. Эти анализаторы характеризуются невысокой точностью измерения.

17.3 Эффективность технической диагностики

При ТО и ремонте ТС используют два вида информации: статистическую (надежностную) и индивидуальную (диагностическую). Статистическую информацию получают путем обработки данных об отказах представительной совокупности транспортных средств, а диагностическую - путем непосредственного измерения параметров технического состояния данного транспортного средства. На основе статистической информации с определенной вероятностью устанавливают регламентные объемы ТО и ремонта, а на основе диагностической - уточняют эти объемы применительно к данному

транспортному средству. Использование диагностической информации исключает затраты на преждевременную профилактику и текущий ремонт транспортного средства, обусловленный пропуском отказов. Уровень снижения затрат при планово-предупредительном ТО за счет диагностирования в большой степени зависит от коэффициента вариации ресурса транспортного средства L , стоимости аварийного ремонта (C), стоимости профилактических (d) и диагностических (C_d) работ.

Решение о целесообразности приобретения и внедрения средств диагностирования принимается на основе величины годового экономического эффекта, определяемого на годовой объем автотранспортного производства в расчетном году.

За расчетный год принимают второй календарный год использования средств диагностирования.

Годовой экономический эффект от внедрения комплекса средств диагностирования представляет собой суммарную экономию всех производственных ресурсов (живого труда, материалов, капитальных вложений), которую получит АТП в результате применения средств диагностирования.

При определении годового экономического эффекта диагностирования должна быть обеспечена сопоставимость сравниваемых вариантов (без диагностирования и с диагностированием, формула 17.1) по:

-объему производимой работы с помощью новых средств диагностирования;

-фактору времени;

-социальным факторам производства, связанным с использованием средств диагностирования, включая обеспечение, улучшение условий и безопасность труда ремонтных рабочих, снижение токсичности выбрасываемых в атмосферу отработавших газов и др.

$$C_{TO-TP}^d < C_{TO-TP}, \quad (17.1)$$

где C_{TO-TP}^d - затраты на ТО и текущий ремонт с применением диагностики, сум;

C_{TO-TP} - затраты на ТО и текущий ремонт без диагностирования, сум.

Для всестороннего отражения экономической эффективности применения диагностирования следует при расчетах определить: годовой экономический эффект, снижение себестоимости, прирост прибыли, экономию материалов, энергоносителей, срок окупаемости капитальных вложений, численность условно высвобождаемых ремонтных рабочих.

Численность условно высвобождаемых ремонтных рабочих определяется отношением планируемого уменьшения трудозатрат к фонду рабочего времени за тот период, на который планируется данное уменьшение.

17.4 Перспективы развития технической диагностики

Система встроенных контрольно-диагностических средств может развиваться в двух основных направлениях. Первое направление связано с созданием средств, сигнализирующих теми или иными способами об уровне

работоспособности изделия. Это может быть достигнуто, например, при отборе информации о техническом состоянии с заданной периодичностью, например при ТО, при сигнализации о достижении заданных (предельных, допустимых значений и т.д.) параметров технического состояния и т.д. Эта информация может анализироваться на месте, где и принимается решение, или централизованно. Вторым направлением является использование таких встроенных контрольно-диагностических средств, которые позволяют не только определять, но и прогнозировать уровень работоспособности.

Для ТС в целом как, совокупности агрегатов, узлов и систем могут применяться все рассмотренные варианты стратегий, которые не меняют существа планово-предупредительной системы ТО и Р, заключающиеся в получении теми или иными способами упреждающей информации о состоянии изделия, планирования и проведения работ по поддержанию его работоспособности.

При этом необходимо учитывать, что работоспособность самих внешних или встроенных контрольно-диагностических средств, включающих десятки элементов, должна также обеспечиваться планово-предупредительной системой, включая метрологический контроль.

Вопросы для самоподготовки

1. Расскажите о преимуществах компьютерной диагностики.
2. Как определяется экономическая эффективность диагностики?
3. Перечислите приборы, контролирующие содержание выхлопных газов двигателя.
4. Каким прибором контролируется состав отработавших газов дизельного двигателя?

Список основной и дополнительной литературы

Основная

1. Ishonchlilik nazariyasi va diagnostika asoslari: Oliy o'quv yurtlari bakalavrlari uchun darslik./A.A. Tojiboyev, Q.M. Sidiqnasarov, K.I. Ibrohimov, N.V. Kusnetsov, T.: "Extremum-Press" 2015. 296 b.
2. Автомобиллар техник эксплуатацияси. Қайта ишланган ва тўлдирилган русча 4-нашридан (проф. Кузнецов Е.С. таҳрири остида. М.:Наука 2004й. 535 б.) таржима проф. Сидикназаров Қ.М. умумий таҳрири остида, Тошкент "VORIS-NASHRIYOT", 2006. – 670 б.
3. Техническая эксплуатация автомобилей; Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука. 2004. 535 с.
4. Автомобиллар техник эксплуатацияси. Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги автотранспорт олий ўқув юртлари талабалари учун дарслик сифатида тавсия этган. Проф. Сидикназаров Қ.М. умумий таҳрири остида, Тошкент "VORIS-NASHRIYOT", 2008. – 560 б.
5. Ajit Kumar Verma, Srividya Ajit, Durga Rao Karanki Reliability and Safety Engineering (Springer Series in Springer; 2nd ed. 2016 edition Reliability Engineering) (September 29, 2015)/
6. Tom Denton BA FIMI MSAE MIRTE Cert Ed Advanced Automotive Fault Diagnosis Third Edition Automotive Technology: Vehicle Maintenance and Repair First published 2012.- 5-452 p.
7. Alanen, Jarmo, Haataja, Kari, Laurila, Otto, Peltola, Jukka & Aho, Isto. Diagnostics of mobile work machines. Espoo 2006. VTT Tiedotteita . Research Notes 2343. 122 p.

Дополнительная

1. Основы теории надёжности и диагностика. /Н.Я. Яхьяев, А.В. Кораблин.- М.: Издательский центр «Академия», 2009. –256 с.
2. Асатов Э., Тожибоев А. "Ишончлилиқ назарияси ва диагностика асослари" Ўқув қўлланма, –Т.: "Эзгулик мабаи нашриёти" 2006й., 160 б.
3. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С Кузнецов, А.П. Болдин, ВМ.Власов и др. -М.: Наука. 2004. 535 с.
4. Автотранспорт воситалари сервиси: [дарслик]/Муалифлар жамоси М.А.Икрамов ва бошқ.; М.А. Икрамовнинг таҳрири остида; ЎЗР олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги, ТАЙИ.-Т.: Алишер Навоий номидаги Ўзбекистон Миллий кутубхонаси нашриёти, 2010 й.– 268 б.
5. Диагностика и техническое обслуживание машин. Учебник для студентов высш.учеб. образований / [А.Д. Ананьин, В.М, Михлин, И.И.Габитов и др.]. М.: Издательский центр "Академия", 2008.- 432 с
6. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей. Теоретические и практические аспекты. Учеб. пособие для студ. Высш. Учеб. Заведений. М.: Издательский центр «Академия». 2007-288 с.

7. Проников А.С. "Параметрическая надежность машин" М.: МГТУ имени Баумана Н.Э. 2002 г.
8. Эксплуатация дорожных машин. Учебник для вузов. / А.М. Шейнин, Б.И. Филиппов, В.А. Зорин и др. Под. ред. А.М. Шейнина. –М.: Транспорт. 1992. – 328 с.
9. ГОСТ Р 27.002–2009. Надежность в технике. Термины и определения.
10. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.
11. O'z DSt 1057 : 2004 Автотранспорт воситалари техник холатига хавфсизлик талаблари.
12. ГОСТ 18322- 2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
13. mirknig.com/.../1181453842-osnovy-teorii-nadezhnosti-i-tehnichesk
14. www.twirpx.com/file/528020/
15. www.chem-astu.ru/chair/study/teor-nadezhnosti/index.htm
16. www.academia-moscow.ru/off-line/_books/fragment_11618.pdf

