

**В. Д. Мигаль, С. А. Гаврилов**

# **ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по уровню подготовки бакалавров и магистров  
для направления «Автомобильный транспорт»*

Харьков «Майдан» 2016

УДК 629.33  
ББК 30  
М 57

**Рецензенты:** **Лебедев А. Т.**, д. т. н., профессор, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенка

**Ткачук Н. А.**, д. т. н., профессор, зав. кафедрой теории и систем автоматизированного проектирования механизмов и машин Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

**Подригало М. А.**, д. т. н., профессор, зав. кафедрой «Технология машиностроения и ремонта машин» Харьковского национального автомобильно-дорожного университета

**Мигаль В. Д., Гаврилов С. А.**  
М 57 Техническая диагностика трансмиссии автомобилей: Учеб. пособие / В. Д. Мигаль, С. А. Гаврилов. – Харьков: Майдан, 2016. – 272 с.  
ISBN 978-966-372-633-5.

Рассмотрены неисправности и параметры, методы и средства диагностирования механических, гидравлических и электронных систем управления трансмиссией.

Описаны методы и средства диагностирования состояния сцепления, его педали, зазоров в зубчатых передачах и подшипниковых узлах, карданных передач, подшипниковых узлов, гидравлических систем, коробок передач.

Освещены вопросы контроля и диагностирования агрегатов трансмиссии при движении, диагностических поездках и при остановке двигателя, электронных систем автоматических трансмиссий.

Для студентов профильных учебных заведений, подготовки специалистов по диагностированию и техническому обслуживанию автомобилей.

**УДК 629.33**  
**ББК 30**

## Содержание

<b>Введение</b> .....	6
<b>1. Объекты контроля и диагностирования трансмиссии автомобилей</b> .....	7
1.1. Назначение, типы и компоненты механических и гидравлических систем трансмиссий .....	7
1.1.1. Назначение трансмиссии.....	7
1.1.2. Назначение и типы сцепления .....	8
1.1.3. Назначение и типы коробок передач .....	12
1.1.4. Карданные передачи .....	14
1.1.5. Главная передача.....	16
1.2. Управление трансмиссией .....	18
1.2.1. Компоненты управления трансмиссией .....	18
1.2.2. Система регулирования скорости автомобиля .....	23
1.2.3. Гидравлические системы управления сцеплением .....	24
1.2.4. Микропроцессорные системы управления трансмиссией.....	27
1.2.4.1. Компоненты микропроцессорных систем управления гидромеханической передачей .....	27
1.2.4.2. Структурная схема системы управления гидромеханической передачей .....	31
1.2.4.3. Автоматические системы управления сцеплением.....	33
1.2.4.4. Системы управления автоматической трансмиссией.....	37
Контрольные вопросы .....	38
<b>2. Неисправности трансмиссии автомобилей</b> .....	38
2.1. Неисправности сцепления .....	41
2.2. Неисправности механических коробок передач.....	44
2.3. Неисправности автоматических коробок передач .....	48
2.4. Неисправности и дефекты сопряжений и сборки деталей, узлов и агрегатов .....	52
2.4.1. Виды дефектов и неисправностей сопряжений .....	52
2.4.2. Причины и источники появления дефектов и неисправностей при выполнении сборочных и регулировочных работ .....	53
2.5. Характер повреждений и отказов подшипниковых узлов качения агрегатов.....	58
2.5.1. Виды эксплуатационных неисправностей.....	58
2.5.2. Неисправности и дефекты сборки подшипниковых валов.....	61
2.5.3. Неисправности, проявляющиеся при регулировании натяга подшипников в подшипниковых опорах .....	63
2.5.4. Определены возможности повторного использования подшипников качения после демонтажа.....	64
2.6. Причины появления дефектов и неисправностей, вызванных нарушениями крепления деталей винтами, болтами и шпильками .....	65
2.7. Неисправности и повреждения зубчатых передач агрегатов.....	69
2.7.1. Виды и причины дефектов и неисправностей .....	69
2.7.2. Неисправности главной и карданной передач .....	73
2.7.3. Причины и источники появления дефектов и неисправностей зубчатых передач при сборке и проведении регулировочных работ .....	74
2.8. Неисправности и повреждения подшипников скольжения и трансмиссионных валов .....	76

2.9. Неисправности электрических и электронных систем управления трансмиссией .....	77
2.9.1. Виды и причины появления неисправностей.....	77
2.9.2. Дефекты и неисправности компонентов электрических систем .....	79
2.9.3. Физические дефекты.....	80
2.9.4. Типовые модели неисправностей.....	81
Контрольные вопросы к подразделу 2.1.....	85
Контрольные вопросы к подразделам 2.2, 2.3 .....	85
Контрольные вопросы к подразделам 2.4, 2.5, 2.6 .....	85
<b>3. Диагностические параметры трансмиссии .....</b>	<b>86</b>
3.1. Основные объекты диагностирования трансмиссии и их параметры.....	86
3.2. Диагностические параметры сцепления.....	90
3.3. Диагностические параметры автоматических коробок передач .....	92
3.4. Диагностические параметры подшипниковых узлов качения.....	94
3.5. Диагностические параметры зубчатых передач.....	98
3.6. Диагностические параметры мощности трансмиссии. КПД трансмиссии.....	102
3.7. Диагностические параметры неравномерности вращения валов трансмиссии.....	104
3.8. Диагностические параметры карданной передачи, коробки отбора мощности и шлицевых соединений .....	106
Контрольные вопросы к подразделам 3.1, 3.2 .....	108
Контрольные вопросы к подразделам 3.3, 3.4 .....	109
Контрольные вопросы к подразделам 3.5, 3.6 .....	109
Контрольные вопросы к подразделам 3.7, 3.8 .....	109
<b>4. Диагностирование трансмиссии .....</b>	<b>110</b>
4.1. Диагностирование механических и гидромеханических систем трансмиссии.....	110
4.1.1. Контроль технического состояния педали сцепления .....	111
4.1.2. Проверка пробуксовки сцепления.....	117
4.2. Контроль зазоров в зубчатых передачах, подшипниковых узлах и биения валов агрегатов трансмиссии.....	119
4.2.1. Диагностирование зубчатых передач .....	119
4.2.2. Диагностирование карданных передач.....	129
4.2.3. Диагностирование подшипниковых узлов качения .....	133
4.2.4. Контроль общего технического состояния и регулировочные работы по гидромеханической передаче.....	135
Контрольные вопросы .....	137
4.3. Контроль технического состояния агрегатов трансмиссии с автоматической коробкой передач.....	138
4.3.1. Контроль общего технического состояния механической трансмиссии.....	138
4.3.2. Контроль изнашивания деталей и смазочной способности масел.....	140
4.3.3. Контроль технического состояния механических систем автоматических коробок передач.....	141
4.3.4. Контроль давления в гидравлических системах.....	150
Контрольные вопросы .....	161
4.4. Контроль технического состояния агрегатов трансмиссии при движении автомобиля и остановке двигателя .....	162

4.4.1.	Контроль уровня и технического состояния жидкостей АКП.....	162
4.4.2.	Контроль технического состояния трансмиссии при движении автомобиля.....	164
4.4.3.	Анализ результатов диагностической поездки.....	169
4.4.4.	Проверка автоматической коробки передач при остановке двигателя.....	182
	Контрольные вопросы .....	189
4.5.	Контроль и диагностирование электронных систем автоматических трансмиссий.....	190
4.5.1.	Компоненты систем управления автоматических коробок передач.....	190
4.5.2.	Неисправности автоматических коробок передач, средства и параметры диагностирования.....	198
4.5.3.	Коды неисправностей электрических и электронных систем АКП .....	198
4.5.4.	Бортовые системы контроля автоматических коробок передач .....	208
4.5.5.	Средства и алгоритмы диагностирования автоматических коробок передач.....	214
4.5.6.	Общие принципы поиска неисправностей .....	220
4.5.7.	Поиск неисправностей внешними средствами .....	222
4.5.7.1.	Проверка подачи питания и тормозного переключателя .....	222
4.5.7.2.	Поиск неисправностей в электрических и электронных цепях.....	224
4.5.7.3.	Проверка электрической цепи муфты гидротрансформатора при помощи диагностического штекера (DLC/ALDL).....	228
4.5.7.4.	Диагностика внутренних электрических цепей муфт с помощью омметра.....	229
4.5.7.5.	Проверка соленоида .....	232
4.5.7.6.	Процессы диагностирования электронных систем управления коробками передач.....	234
	Контрольные вопросы .....	237
4.6.	Диагностирование трансмиссии по параметрам вибрации.....	237
4.6.1.	Классы вибрации машин и разрешающая способность метода.....	237
4.6.2.	Пример лабораторной работы по диагностированию коробки передач автомобиля по параметрам вибрации .....	251
	Контрольные вопросы .....	254
	<b>Приложение А</b> .....	255
	<b>Литература</b> .....	265
	<b>Предметный указатель</b> .....	267

## Введение

Усложнение трансмиссии на автомобильном транспорте и стремление поддерживать ее работоспособность обуславливают создание прогрессивных методов технической диагностики для получения достоверной информации о техническом состоянии каждого отдельно взятого узла и агрегата. Современные трансмиссии автомобилей имеют механические передачи крутящего момента, гидравлические и электронные системы.

Диагностика представляет собой последовательный процесс получения информации о взаимосвязи различных систем трансмиссии для установления наиболее вероятной причины неисправности или отказа. Последовательность операций диагностирования должна охватывать наиболее вероятные неисправности. Она должна определять вид, место и возможную причину неисправности для обоснования регулировочных или ремонтных работ или же снятия агрегата трансмиссии с эксплуатации. Диагностика снятого агрегата необходима для подтверждения предварительного диагноза и определения вида частичной или полной разборки. Качество ремонта можно оценить по результатам диагностирования отдельного агрегата (узла), а качество монтажа на автомобиль – диагностированием комплектного автомобиля.

Новые технологии диагностирования требуют использования сканеров, анализаторов, цифровых и аналоговых приборов и специальных тестеров. Поэтому современный специалист должен знать методы и средства, устройство механических, гидравлических и электронных систем коробки передач, их взаимосвязь с работой двигателя, применять теоретические знания для логического принятия решения по устранению неисправности трансмиссии.

Знать особенности конструкции всех разновидностей коробок передач невозможно, однако знания общих принципов их правильного функционирования, взаимосвязей протекающих процессов и опыт позволяют диагносту локализовать область неисправностей, не превращая диагностирование в некий процесс проб и ошибок. Ничем невозможно заменить знания, опыт, интуицию и свои собственные «диагностические средства» - глаза, уши, нос. Теоретические знания постоянно помогают в принятии правильных решений.

Представленное учебное пособие позволяет получить учащимся и специалистам теоретические и практические знания по типовым неисправностям, диагностическим параметрам, методам и средствам диагностирования деталей, узлов и агрегатов трансмиссии автомобильной техники.

# 1. ОБЪЕКТЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЕЙ

## 1.1. Назначение, типы и компоненты механических и гидравлических систем трансмиссий

### 1.1.1. Назначение трансмиссии

Передача крутящего момента от двигателя до ведущих колес автомобиля реализуется с помощью трансмиссии. Для оптимизации использования двигателя (ДВС) классическая трансмиссия содержит в своем составе «сухое» или «мокрое» сцепление, многоступенчатую коробку переключения передач (КПП), карданный вал и мост.

#### Назначение трансмиссии:

- изменять передаточные числа и таким образом преодолевать, в случае необходимости, повышенное сопротивление движению, повышать крутящий момент на ведущих колесах;
- реверсирование (изменение направления крутящего момента для обеспечения движения автомобиля задним ходом);
- обеспечение долговременного разобщения двигателя и движителя, что часто требуется, например, при прогревании двигателя или использования его на неподвижном автомобиле для привода дополнительного оборудования.

Наибольшее распространение в сборочных единицах механической системы трансмиссии получили зубчатые, шлицевые, шпоночные, карданные и подшипниковые сопряжения. Износ их приводит к увеличению суммарных угловых зазоров в механизмах силовой передачи, повышению шума и вибраций, нарушению плавности в работе и изменению температуры.

Техническое состояние трансмиссии оказывает влияние на механические потери в силовой передаче и, соответственно, на тяговую силу на ведущих колесах; на затраты топлива; на количество выброса в отработанных газах вредных (токсичных) веществ.

Конструкция трансмиссии зависит от типа автомобиля, его назначения и взаимного расположения двигателя и ведущих колес (рис. 1.1). Характер изменения пе-

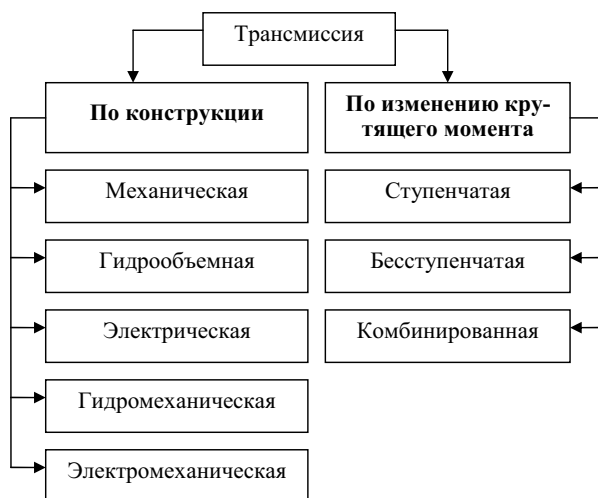


Рис. 1.1. Типы трансмиссий автомобилей

редаваемого крутящего момента в разных типах трансмиссий различен.

В процессе движения автомобиля трансмиссия (коробка передач) позволяет подобрать оптимальное передаточное число, при котором двигатель будет работать на режиме, близком к максимальной мощности. Наряду с высокой мощностью этот режим будет характерен малым удельным расходом топлива.

### 1.1.2. Назначение и типы сцепления

Сцеплением называется силовая муфта, с помощью которой передача крутящего момента обеспечивается силами трения, гидродинамическими силами или электромагнитным полем. Такие сцепления называются, соответственно, фрикционными, гидравлическими и электромагнитными. В основе работы сцепления лежит такое физическое явление, как трение. Сила трения напрямую зависит от двух факторов: прижимающей силы и коэффициента трения или сцепления. Поэтому чем они выше, тем больше сила трения и, соответственно, передаваемый момент.

Сцепление служит для временного разъединения двигателя и трансмиссии и плавного их соединения. Временное разъединение двигателя и трансмиссии необходимо при переключении передач, торможении и остановке автомобиля, а плавное соединение – после переключения передач и при трогании автомобиля с места.

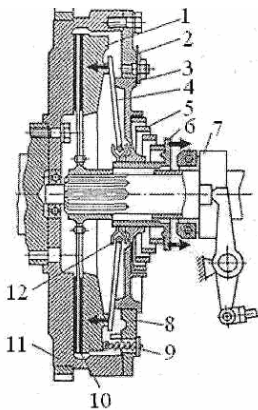
При движении автомобиля сцепление во включенном состоянии передает крутящий момент от двигателя к коробке передач и предохраняет механизмы трансмиссии от динамических нагрузок, возникающих в трансмиссии. Так, нагрузки в трансмиссии возрастают при резком торможении с двигателем, при резком включении сцепления, неравномерной работе двигателя и резком снижении частоты вращения коленчатого вала, наезде колес на неровности дороги и т. д.

Сцепления классифицируют по связи ведущих и ведомых частей; созданию нажимного усилия; числу ведомых дисков; типу привода (с механическим или гидравлическим приводом, рис. 1.2, 1.3). Разработаны системы автоматического управления сцеплением (электромеханические).

По принципу работы различают нажимное диафрагменное «сухое» сцепление, отжимное диафрагменное «сухое» сцепление и вытяжное диафрагменное «сухое» сцепление. «Мокрое» сцепление по принципу работы является нажимным.

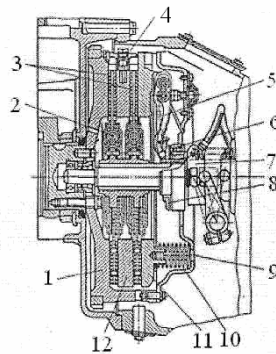
Наиболее распространено «сухое» сцепление с диафрагменной пружиной. Это сцепление обеспечивает следующие функции:

- соединение и разъединение коленчатого вала ДВС и первичного вала КПП;
- мягкое без рывков трогание автотранспортного средства с места;
- защиту КПП от передачи на него крутильных колебаний от ДВС;
- защиту от перегрузки ДВС, трансмиссии и ходовой части в случае ошибки водителя при переключении передач.



**Рис. 1.2. Однодисковое сцепление с конической пружиной грузового автомобиля МАЗ:**

1 – нажимной диск; 2 – регулировочная прокладка; 3 – фланец; 4 – рычаг; 5 – коническая пружина; 6 – втулка; 7 – муфта; 8 – кожух; 9 – пружина; 10 – ведомый диск; 11 – нажимной диск; 12 – обойма



**Рис. 1.3. Двухдисковое сцепление грузовых автомобилей КамАЗ:**

1 – маховик; 2 – гаситель; 3 – ведомые диски; 4 – рычажный механизм; 5 – рычаг; 6 – подшипник; 7 – муфта; 8 – кольцо; 9 – пружина; 10 – ведомый диск; 11 – нажимной диск; 12 – ведущий диск

**Однодисковое сцепление с центральной конической пружиной и с механическим приводом.** В отличие от сцепления с диафрагменной пружиной такое сцепление позволяет передавать большой крутящий момент благодаря установке между нажимным диском и пружиной специального рычажного механизма, увеличивающего давление пружины.

Конструкция такого сцепления проще, чем с периферийными пружинами, и имеет меньший осевой размер. Равномерность нагрузки на нажимной диск обеспечивается веерообразными упругими рычагами, передающими усилие пружины на нажимной диск.

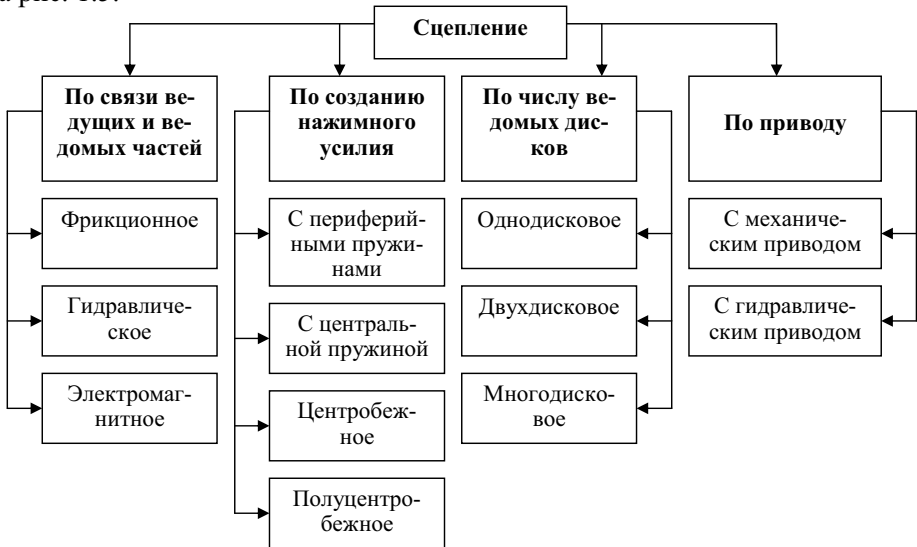
Сцепления с центральной конической пружиной применяются на грузовых автомобилях большой грузоподъемности.

**Двухдисковое сцепление** (рис. 1.3) – фрикционное, «сухое», с периферийными пружинами и гидравлическим приводом.

Из гидросистемы сцепления, в отличие от тормозной системы, невозможно удалить воздух просто прокачивая жидкость с помощью педали и сливая вытекающую жидкость в емкость через трубку для удаления воздуха. Необходимо создать давление. Для этого к бачку резервной тормозной жидкости присоединяется специальное оборудование. Воздух удаляется через ниппель в рабочем цилиндре сцепления, расположенном сверху на картере трансмиссии. Прокачку системы осуществляют до тех пор, пока из ниппеля не пойдет жидкость без пузырьков воздуха.

Из-за большого разнообразия конструкции сцепления и его педалей необходимо для определения структурных параметров руководствоваться инструкциями по эксплуатации конкретных автомобилей.

На автомобилях применяются различные типы сцеплений (рис. 1.4). Общая схема системы «двигатель-сцепление-коробка передач» приведена на рис. 1.5.



**Рис. 1.4. Типы сцеплений, классифицированных по различным признакам**

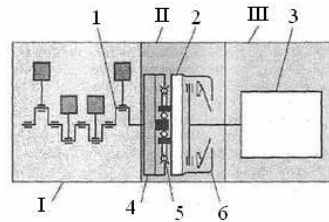
Все указанные сцепления, кроме центробежных, являются постоянно замкнутыми, т. е. постоянно включенными и выключаемыми водителем при переключении передач, торможении и остановке автомобиля.

На автомобилях наибольшее применение получили фрикционные сцепления. Однодисковые сцепления применяются на легковых автомобилях, автобусах и грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности, а иногда и большой грузоподъемности.

Двухдисковые сцепления устанавливают на грузовых автомобилях большой грузоподъемности и автобусах большой вместимости.

Многодисковые сцепления используются очень редко – только на автомобилях большой грузоподъемности.

Гидравлические сцепления, или гидромуфты, в качестве отдельного механизма на современных автомобилях не применяются. Ранее они использовались в трансмиссии автомобилей, но только совместно с последовательно установленным фрикционным сцеплением.



**Рис. 1.5. Общая схема системы «двигатель-сцепление-КПП»:**

I – двигатель; II – сцепление; III – КПП;  
1 – двигатель; 3 – коробка передач; 2, 4 – диски сцепления; 5 – муфта 6 – корпус

Электромагнитные сцепления имели некоторое применение на автомобилях, но широкого распространения не получили в связи со сложностью их конструкции.

Помимо общих требований, касающихся каждого узла автомобиля, к сцеплению предъявляется ряд специфических требований, среди которых:

**1. Плавность включения.** В эксплуатации она обеспечивается квалифицированным управлением, но некоторые элементы конструкции предназначены для повышения плавности включения сцепления даже при низкой квалификации водителя.

**2. Чистота выключения.** Абсолютное выключение, при котором крутящий момент на выходном вале сцепления равен нулю, трудно достижимо, но если момент, передаваемый выключенным сцеплением, достаточно мал и не мешает включать передачи, то можно считать, что такое сцепление выключено практически чисто.

**3. Надежная передача крутящего момента при любых условиях эксплуатации.** Слишком низкое значение коэффициента запаса приводит к увеличению времени буксования сцепления при трогании автомобиля (особенно в тяжелых эксплуатационных условиях), повышенному его нагреву и износу. Излишне большая величина коэффициента запаса сопровождается увеличением размеров и массы сцепления, повышением усилия, необходимого для управления им, и ухудшением предохранения трансмиссии и двигателя от перегрузок. Обычно значения коэффициента запаса сцепления составляют 1,4-1,7 для легковых и 1,5-2,0 для грузовых автомобилей, увеличиваясь до 2,3 на тяжелых тягачах.

Главными элементами сцепления являются диафрагменная пружина, определяющая прижимную силу, и фрикционные накладки, определяющие износостойкость сцепления. По своим фрикционным качествам накладки из керамического и углеродного волокна передают на 10% больший крутящий момент, а по износостойкости превосходят широко применяемые органические накладки в 2-4 раза.

Установкой облегченного маховика на автомобиль можно снизить нагрузку на другие детали и узлы, в том числе коленчатый вал, сцепление, коробку передач. Уменьшая разницу моментов инерции при переключении, можно повысить износостойкость соответствующих компонентов. Для коленчатого вала – это уменьшение крутящего момента и вибрационных нагрузок, для сцепления – уменьшение тепловых нагрузок и нагрузок при соприкосновении взаимовращающихся частей, а для коробки передач – уменьшение нагрузок на синхронизаторы. Легкие маховики не рекомендуются для автомобилей (особенно для внедорожников), где необходим очень высокий крутящий момент на низких оборотах двигателя и повышенная устойчивость работы двигателя на малых оборотах. Для всех остальных режимов эксплуатации алюминиевый маховик является одним из самых эффективных решений.

### 1.1.3. Назначение и типы коробок передач

Характеристики двигателя внутреннего сгорания далеки от оптимальных, а его мощностные и топливно-экономичные показатели существенно зависят от режима работы. Эффективное применение ДВС на автомобиле возможно лишь при переменном передаточном числе трансмиссии, для чего на подавляющем большинстве автомобилей используется ступенчатая коробка передач. Большинство коробок передач имеет возможность изменять передаточное число лишь при разомкнутой трансмиссии.

**Раздаточная коробка** предназначена для распределения (раздачи) крутящего момента двигателя по ведущим мостам. Увеличение максимального передаточного числа достигается введением в раздаточную коробку дополнительной пары шестерен.

Наличие раздаточной коробки позволяет удвоить количество передаточных чисел в трансмиссии, увеличивая их значение на каждой, в том числе и на первой, ступени коробки передач.

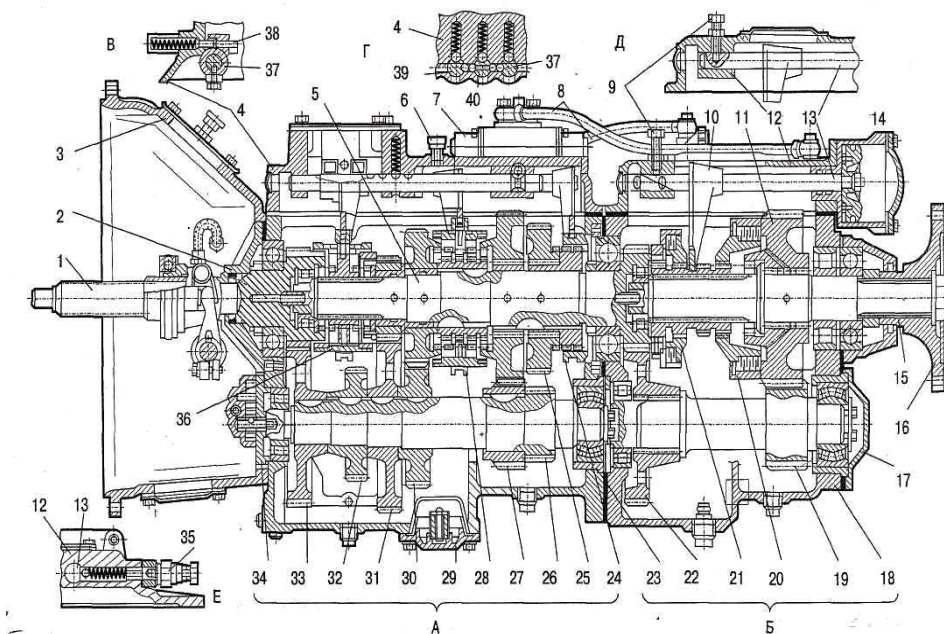
Раздаточные коробки (рис. 1.6) служат для увеличения тяговой силы на ведущих колесах, повышения проходимости и эффективного использования автомобиля в различных дорожных условиях. [1]



**Рис. 1.6.** Типы раздаточных коробок, классифицированных по различным признакам

**Восьмиступенчатая коробка передач ЯМЗ-238А** состоит из основной четырехступенчатой коробки и двухступенчатой дополнительной коробки (понижающей передачи) с синхронизаторами на всех передачах, кроме передачи заднего хода.

Устройство коробки передач показано на рис. 1.7. Монтаж всех деталей коробки передач проводится в картерах основной и дополнительной коробок, которые соединены между собой, а затем они в сборе присоединяются к картеру сцепления.



**Рис. 1.7. Коробка передач ЯМЗ-238А:**

А – основная коробка; Б – дополнительная коробка; В – предохранитель включения передачи заднего хода; Г – разрез по фиксаторам и замкам штоков в основной коробке; Д – стопорное устройство для выключения дополнительной коробки при буксировке автомобиля; Е – датчик сигнализатора включения дополнительной коробки; 1 – первичный вал; 2 – крышка первичного вала; 3 – картер сцепления; 4 – верхняя крышка основной коробки; 5 – вторичный вал основной коробки; 6 – сапун; 7 – воздухопровод; 8 – стопорный болт для выключения дополнительной коробки при буксировке автомобиля; 9 – стопорный болт для выключения дополнительной коробки при буксировке автомобиля; 10 – вилка; 11 – шестерня вторичного вала дополнительной коробки; 12 – верхняя крышка дополнительной коробки; 13 – шток; 14 – пневматический цилиндр; 15 – вторичный вал дополнительной коробки; 16 – фланец крепления карданного шарнира; 17 – крышка подшипника промежуточного вала; 18 – картер дополнительной коробки; 19 – промежуточный вал дополнительной коробки; 20 – большой синхронизатор; 21 – малый синхронизатор; 22 – шестерня понижающей передачи; 23 – картер основной коробки; 24 – каретка включения передачи заднего хода; 25 – шестерня передачи заднего хода; 26 – промежуточный вал основной коробки; 27 – шестерня I передачи; 28 – синхронизатор включения I и II передач; 29 – заборник масляного насоса; 30 – шестерня II передачи; 31 – шестерня IV передачи; 32 – шестерня отбора мощности; 33 – шестерня привода промежуточного вала; 34 – масляный насос; 35 – выключатель; 36 – синхронизатор включения III и IV передач; 37 – шток вилки переключения передачи заднего хода; 38 – предохранитель включения передачи заднего хода; 39 – шток вилки переключения III и IV передач; 40 – шток вилки переключения I и II передач

Важнейшими показателями, характеризующими коробку передач, являются число передач и диапазон передаточных чисел. Существуют два принципиальных способа изменять передаточные числа трансмиссии при движении автомобиля – последовательный выбор дискретных значений пе-

редаточных чисел и бесступенчатое изменение передаточного числа трансмиссии в диапазоне от максимального до минимального.

**Применение бесступенчатой передачи** в трансмиссии автомобиля позволяет при автоматическом регулировании передаточных чисел существенно упростить процесс управления автомобилем, а при определенных условиях и улучшить динамические и топливно-экономические характеристики автомобиля.

Назначение бесступенчатых передач – изменение передаточного числа трансмиссии, обеспечивающее при этом упрощение и облегчение процесса управления автомобилем.

Число передач и диапазон передаточных чисел во многом определяют степень реализации предъявляемых к коробке передач требований, среди которых, помимо общих, касающихся каждого узла автомобиля, следующие:

1. Обеспечение высоких тягово-скоростных и топливно-экономических качеств автомобиля. Выполнение этого требования может быть достигнуто увеличением ширины диапазона передаточных чисел коробки передач, большим количеством передач и правильным выбором их передаточных чисел.

2. Легкость и удобство управления. Для обеспечения этого требования стараются избегать слишком большого количества передач, что требует частого их переключения, отвлекает и утомляет водителя, а кроме того, может увеличить время разгона. Немаловажно и то, что при большом количестве передач (свыше 6-8) водитель не всегда может правильно определить, какая из них является оптимальной в данных условиях движения.

3. Высокий коэффициент полезного действия. Для реализации этого требования конструкция должна быть достаточно простой, с минимальным числом работающих (передающих крутящий момент) шестерен на каждой передаче.

4. Низкий уровень шума. Это качество коробки передач оказывает серьезное влияние на комфортабельность автомобиля.

### 1.1.4. Карданные передачи

**Назначение карданной передачи.** Карданная передача служит для передачи крутящего момента от двигателя к ведущим колесам между валами механизмов изменения расстояния между агрегатами, взаимное положение которых может быть постоянным или меняться при движении автомобиля.

Для соединения механизмов автомобиля применяются карданные передачи различного типа (рис. 1.8). [1]

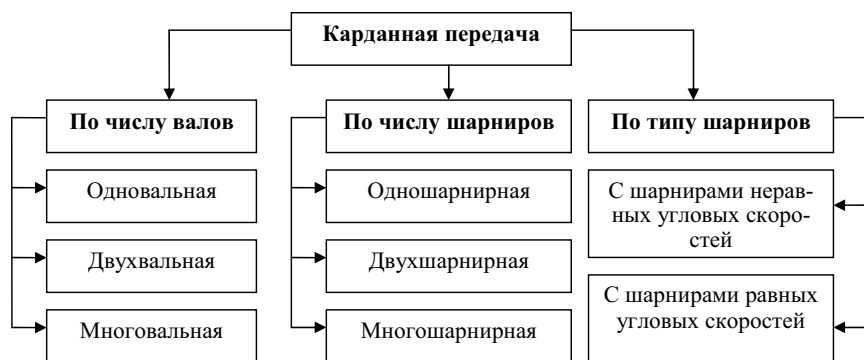
Специфика работы карданной передачи заключается в возможности значительного изменения взаиморасположения ее деталей и широких диапазонах скоростных и нагрузочных режимов. В связи с этим конструкция карданной передачи должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Работоспособность карданной передачи должна обеспечиваться при всех эксплуатационных режимах. Это означает, например, что работа карданных шарниров при больших углах между осями валов не должна приводить к их ускоренному выходу из строя. С этим требованием непосредственно связано и исключение возможных резонансных явлений.

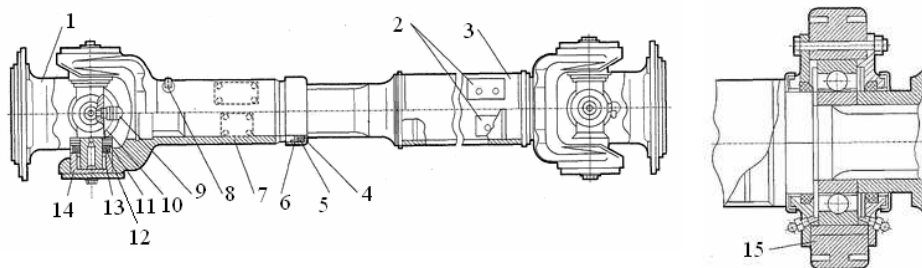
2. Передача крутящего момента не должна порождать больших дополнительных динамических нагрузок в трансмиссии. Такие нагрузки оказывали бы отрицательное влияние на комфортабельность автомобиля и долговечность деталей трансмиссии.

3. Во всех эксплуатационных условиях должен обеспечиваться высокий КПД передачи. Поскольку КПД карданной передачи определяется коэффициентами полезного действия карданных шарниров, это требование имеет особое значение при наличии большого их числа.

Примеры конструкций карданных валов приведены на рис. 1.9-1.12.



**Рис. 1.8. Типы карданных передач, классифицированных по различным признакам**

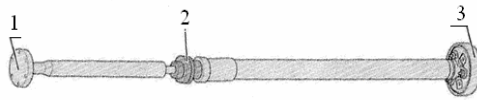


**Рис. 1.9. Карданный вал:**

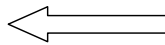
1 – фланец-вилка; 2 – балансировочные пластины; 3 – вал; 4 – кольцо уплотнения; 5 – манжета; 6 – обойма манжеты; 7 – скользящая вилка; 8, 9 – манжетки; 10 – крестовина; 11 – торцовое уплотнение; 12 – манжета; 13 – подшипник игольчатый; 14 – крышка подшипника; 15 – промежуточная опора

Традиционная конструкция карданного вала с разным строением промежуточных опор (15) грузовых автомобилей МАЗ, КрАЗ, КамАЗ, ГАЗ, ЗИЛ и др. представлена на рис. 1.9.

Карданный вал автомобилей Volkswagen Golf (рис. 1.10) оснащен двумя (упругими) дисками Харди и одним шарниром равных угловых скоростей.



Направление движения

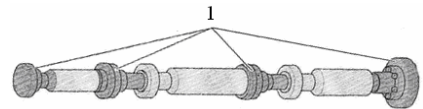


**Рис. 1.10. Карданный вал из двух частей:**

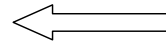
1, 3 – диски Харди; 2 – шарнир равных угловых скоростей

Карданный вал автомобиля Volkswagen Transporter (рис. 1.11, 1.12) состоит из трех частей, между которыми и по его концам установлены шарниры равных угловых скоростей. Ввиду большой общей длины вала предусмотрена промежуточная опора, закрепленная на кузове. Поэтому получают относительно большие углы перегиба карданного вала. Чтобы обеспечить равномерность передаваемого крутящего момента, пришлось применить шарниры равных угловых скоростей.

На рис. 1.12 цифрами обозначены: 1 – коробка передач; 2 – двигатель; 3 – карданный вал; 4 – механизм блокировки дифференциала; 5 – задний дифференциал; 6 – муфта Haldex; 7 – угловая передача с промежуточным валом; 8 – передний дифференциал.

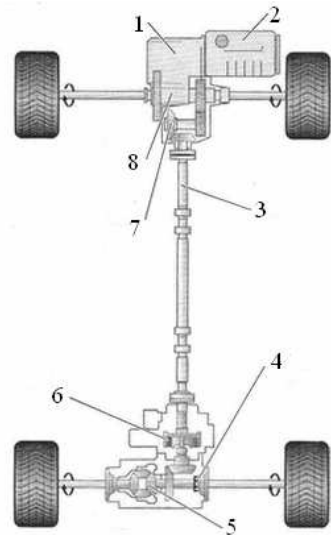


Направление движения



**Рис. 1.11. Карданный вал из трех частей:**

1 – шарниры равных угловых скоростей



**Рис. 1.12. Полный привод 4MOTION автомобиля Transporter**

### 1.1.5. Главная передача

**Назначение главной передачи.** Главная передача представляет собой шестеренчатый механизм узла трансмиссии, предназначенный для выполнения двух функций:

- согласование частот вращения вала автомобильного двигателя и диапазона частот вращения ведущих колес; повышение крутящего момента,

подводимого к ведущим колесам, обеспечив требуемые тяговые и топливно-экономичные показатели автомобиля;

- изменение направления (поворота) вектора крутящего момента в соответствии с компоновочной схемой автомобиля.

На автомобилях применяются различные типы главных передач (рис. 1.13).

Наряду с общими требованиями, предъявляемыми к каждому узлу автомобиля, основными для главной передачи являются:

1. Оптимальное значение передаточного числа. Правильный выбор передаточного числа главной передачи позволяет обеспечить автомобилю наилучшие тягово-скоростные и топливно-экономичные свойства, в том числе максимально возможную при данном двигателе скорость движения.

2. Высокий КПД.

3. Низкий уровень шума.

4. Небольшие вертикальные размеры. Часто именно нижняя точка картера главной передачи определяет величину дорожного просвета.

**Назначение и типы.**

Мостами автомобиля называются металлические балки с колесами. Мосты служат для установки колес и поддержания несущей системы автомобиля (рамы, кузова). На автомобилях применяются различные типы мостов (рис. 1.14). [1]

**Ведущим** называется мост с ведущими колесами, к которым подводится крутящий момент двигателя. На автомобилях ведущими мостами могут быть только передний, только средний и задний или одновременно все мосты. Наибольшее распространение получили задние ведущие мосты на автомобилях ограниченной проходимости с колесной формулой 4×2 и пред-



Рис. 1.13. Типы главных передач

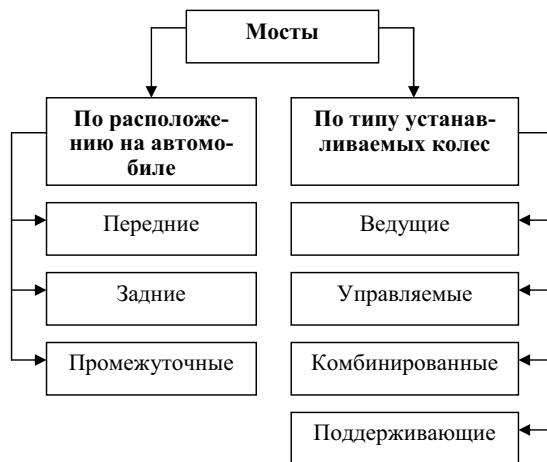


Рис. 1.14. Типы мостов автомобилей, классифицированные по различным признакам

назначенные для эксплуатации на дорогах с твердым покрытием и сухих грунтовых дорогах.

**Управляемым** называется мост с ведомыми управляемыми колесами, к которым не подводится крутящий момент двигателя. Управляемыми на большинстве автомобилей являются передние мосты.

**Комбинированным** называется мост с ведущими и управляемым, одновременно колесами. Комбинированные мосты применяются в качестве передних мостов в переднеприводных легковых автомобилях ограниченной проходимости, в полноприводных автомобилях повышенной проходимости и на автомобилях высокой проходимости, предназначенных для эксплуатации в тяжелых дорожных условиях,

**Поддерживающим** называется мост с ведомыми колесами, которые не являются ни ведущими, ни управляемыми. Наибольшее применение поддерживающие мосты получили на прицепах и полуприцепах. Они применяются также на многоосных грузовых автомобилях и в качестве задних мостов на переднеприводных легковых автомобилях.

**Ведущий мост.** Этот мост представляет собой жесткую пустотелую балку, на концах которой на подшипниках установлены ступицы ведущих колес, а внутри размещены главная передача, дифференциал и полуоси.

На автомобилях применяются различные типы ведущих мостов (рис. 1.15).

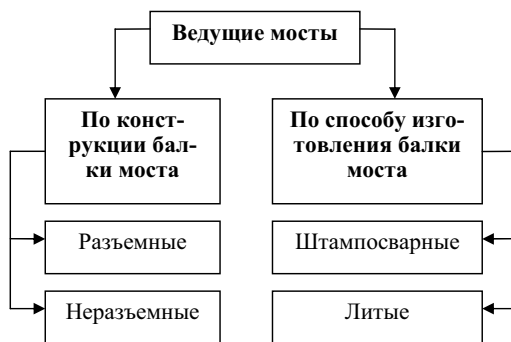


Рис. 1.15. Типы ведущих мостов, классифицированные по различным признакам

## 1.2. Управление трансмиссией

### 1.2.1. Компоненты управления трансмиссией

Развитие трансмиссий происходит стремительными темпами. Усовершенствование эксплуатационных качеств современного автомобиля привело к значительному усложнению его конструкции. Оснащение автомобилей автоматизированной трансмиссией позволило снизить нагрузку на водителя во время движения, способствовало улучшению работы ходовой части, двигателя и скоростных качеств автомобиля. Надежность и простота эксплуатации определили дальнейшее широкое использование этого изобретения. Немецкая фирма Zahnradfabrik Friedrichshafen (ZF) разработала восьмиступенчатую коробку передач для седана BMW 7-й серии, которая позволяет добиться повышенной топливной экономичности и улучшить экологические показатели автомобиля.

Одна из наиболее актуальных проблем современного автомобилестроения – упрощение и облегчение управления автомобилем – не может

быть решена без автоматизации управления трансмиссией. Ее усовершенствование осуществляется в двух направлениях:

- автоматизация управления механическими трансмиссиями, которые состоят из ступенчатой коробки передач и фрикционного сцепления (то есть такими трансмиссиями, которыми оснащается подавляющее большинство автомобилей);

- оснащение автомобилей автоматическими специализированными трансмиссиями, обеспечивающими наиболее удобное, простое и легкое управление, высокую комфортабельность автомобиля.

Автоматизированные коробки передач (АКП), частью которых являются автоматические сцепления, предназначены, в основном, для автомобилей малых классов. АКП дешевле и эффективнее с точки зрения экономии топлива по сравнению со своим прямым конкурентом – автоматической КПП. Автоматизированные механические КПП обеспечивают существенную экономию топлива и совмещают в себе преимущества двух типов трансмиссий – автоматической и механической. Конструкция механической части остается без изменений, а сцепление и механизм переключения передач полностью автоматизированы.

**Программное обеспечение АКП** позволяет расширить обмен данными между системой управления КП и другими системами автомобиля, например, системой управления двигателем и системой стабилизации ESP, активно используется значительно большее число данных, которые позволяют определить мгновенно состояние движения и характер вождения с большей точностью.

Программа управления (DSP) постоянно оценивает характер вождения:

- продольное ускорение автомобиля;
- поперечное ускорение автомобиля;
- трогание с места;
- режим «Kick down»;
- быстрый переход на спортивный режим.

Функциональная структура программы переключения передач DSP подразделяется на три группы:

- определение характера вождения;
- выбор программы переключения в зависимости от состояния движения;
- выбор передач.

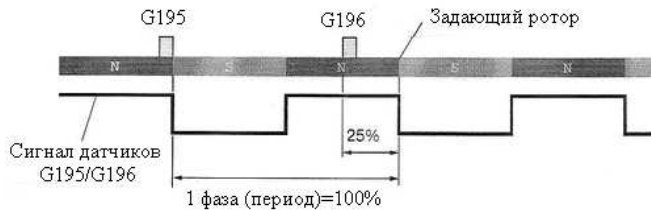
DSP (DRP) призвана регулировать передаточное отношение таким образом, чтобы характер движения автомобиля соответствовал желанию водителя. Водитель при этом должен ощущать, что АКП работает так, как если бы он управлял ею вручную (рис. 1.16).

Датчик G182 измеряет число оборотов шкива 1, то есть число оборотов входного вала, а датчик G195 измеряет число оборотов шкива 2, то есть число оборотов выходного вала (рис. 1.16). Датчик G195 смещен относительно датчика G196 так, что фазы сигналов датчиков сдвинуты относительно друг друга на 25% (рис. 1.17).

Число оборотов входного вала используется вместе с числом оборотов двигателя для регулирования фрикционов и для регулирования передаточного числа.



**Рис. 1.16. Программа регулирования заданного числа оборотов**



**Рис. 1.17. Установка датчиков**

Число оборотов выходного вала служит для управления передаточным отношением, управления фрикционом при движении с малой скоростью, реализации противоткатной функции «Hill-holder», получения сигнала скорости, передаваемого комбинации приборов.

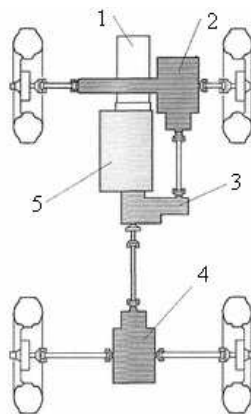
Направление движения валов распознается (датчики G195 и G196) по задающим роторам, имеющим кольцо с требуемым количеством магнитов (полюса N/S). Проверять сигналы датчиков можно с помощью диагностиче-

ских тестеров в режиме считывания кодов неисправностей и считывания блока измеряемых величин.

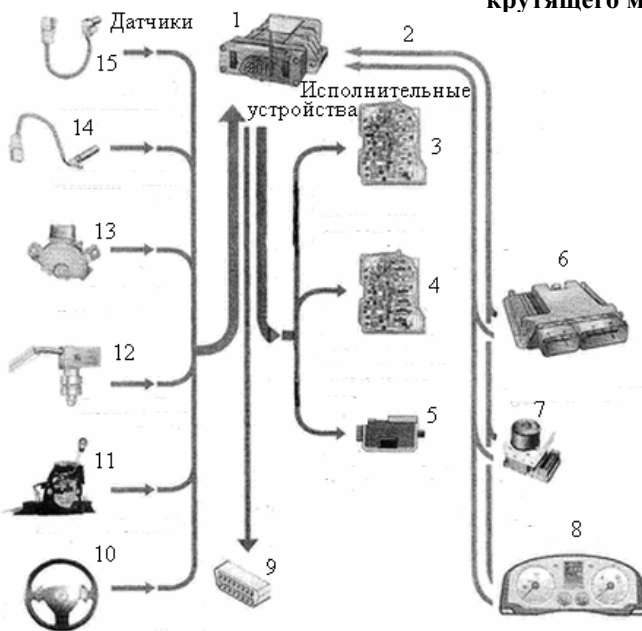
Схема передачи крутящего момента на примере автомобиля Volkswagen Touareg показана на рис. 1.18, а схема системы управления АКП на рис. 1.19, 1.20 (без детализации компонентов).

На рис. 1.18 приняты следующие обозначения: 1 – двигатель; 2 – главная передача передней оси; 3 – раздаточная коробка; 4 – главная передача задней оси; 5 – автоматическая коробка передач.

Крутящий момент двигателя через гидротрансформатор передается в автоматическую коробку передач. Так как в автоматической коробке отсутствует главная передача, на АКП смонтирована раздаточная коробка. Крутящий момент двигателя передается от выходного вала в раздаточную коробку. Раздаточная коробка распределяет крутящий момент между передней и задней осями в зависимости от нагрузки.



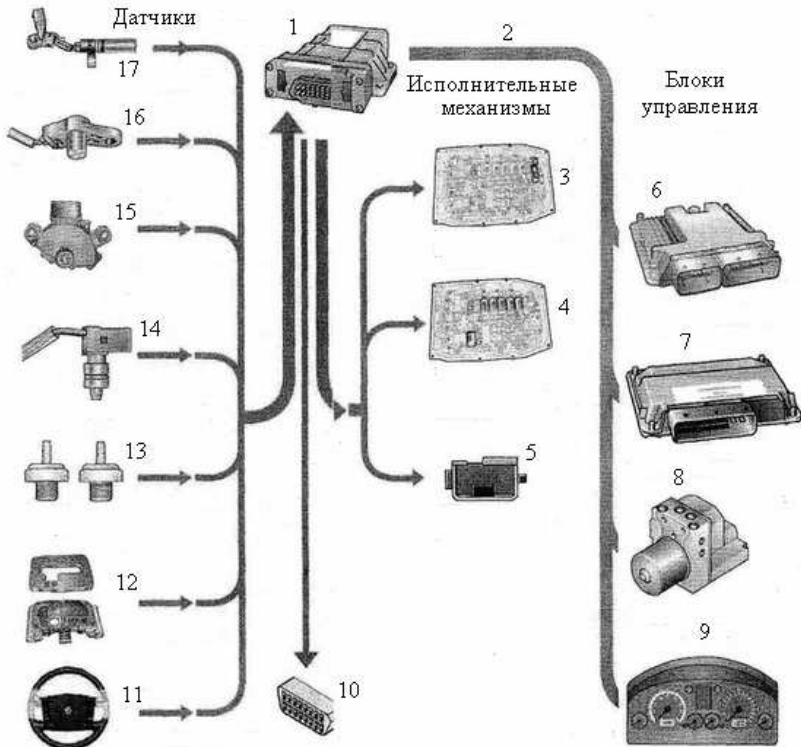
**Рис. 1.18. Схема передачи крутящего момента**



**Рис. 1.19. Компоненты системы управления АКП на примере автомобиля Volkswagen Golf:**

1 – блок управления АКП J217; 2 – шина данных CAN; 3 – электромагнитные клапаны N88 и N89 переключения передач (в распределительном модуле); 4 – электромагнитные клапаны N90, N91, N92, N93, N282, N283 регулирующие давление (в распределитель-

ном модуле); 5 – электромагнит блокировки рычага селектора N110; 6 – блок управления двигателем; 7 – блок управления ABS; 8 – блок управления в комбинации приборов; 9 – диагностическая колодка; 10 – переключатели системы Tiptronic на рулевом колесе E438 и E439; 11 – датчик системы Tiptronic F189; 12 – датчик температуры рабочей жидкости G93; 13 – многофункциональный переключатель F125; 14 – датчик частоты вращения на выходе коробки передач G195; 15 – датчик частоты вращения на входе коробки передач G182.



**Рис. 1.20. Компоненты системы управления шестиступенчатой коробкой передач АКП 09D:**

1 – блок управления АКП; 2 – шина данных CAN; 3 – электромагнитные клапаны N88, N89 в блоке клапанов; 4 – электромагнитные клапаны N90, N91, N92, N93, N282, N283 в блоке клапанов; 5 – электромагнит блокировки селектора N110; 6 – блок управления двигателем; 7 – блок управления раздаточной коробки; 8 – блок управления ABS; 9 – блок управления с дисплеем в комбинации приборов; 10 – диагностический разъем; 11 – переключатели Tiptronic на рулевом колесе E438 и E439; 12 – переключатель Tiptronic F189; 13 – датчик 1 G193 и датчик 2 G194 давления в гидросистеме; 14 – датчик температуры масла в КП G93; 15 – многофункциональный переключатель F125; 16 – датчик числа оборотов выходного вала КП G195; 17 – датчик числа оборотов входного вала КП G182

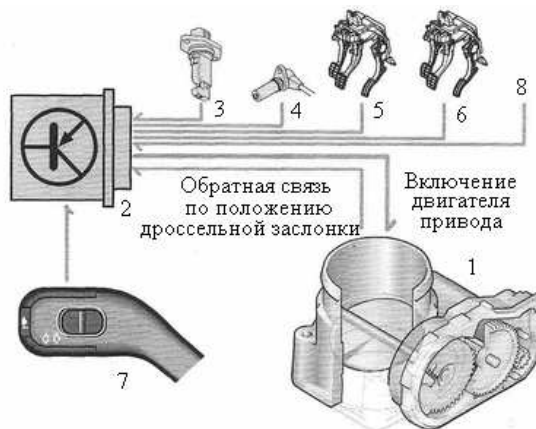
Дифференциал раздаточной коробки (межосевой дифференциал) можно заблокировать. При разблокированном дифференциале крутящий момент распределяется между передней и задней осями в соотношении 50×50%.

Кроме того, в раздаточной коробке предусмотрена понижающая передача. При ее включении число оборотов привода колес уменьшается, а крутящий момент увеличивается в 2,7 раза. В раздаточной коробке крутящий момент через приводные валы передается на главные передачи передней и задней оси. Дифференциал задней оси можно заблокировать электромеханической муфтой дополнительно к блокировке дифференциала раздаточной коробки.

### 1.2.2. Система регулирования скорости автомобиля

**Система регулирования скорости (СРС) автомобиля** позволяет фиксировать ее определенное значение, если оно больше 30 км/ч, и автоматически поддерживать его на постоянном уровне (рис. 1.21). Для регулирования скорости контролируются входные сигналы:

- частота вращения коленчатого вала;
- нагрузка двигателя – сигнал измерителя массового расхода воздуха;
- скорость автомобиля;
- сигнал «Производится торможение»;
- сигнал «Выжимается сцепление»;
- сигналы включения и выключения с переключателя СРС.



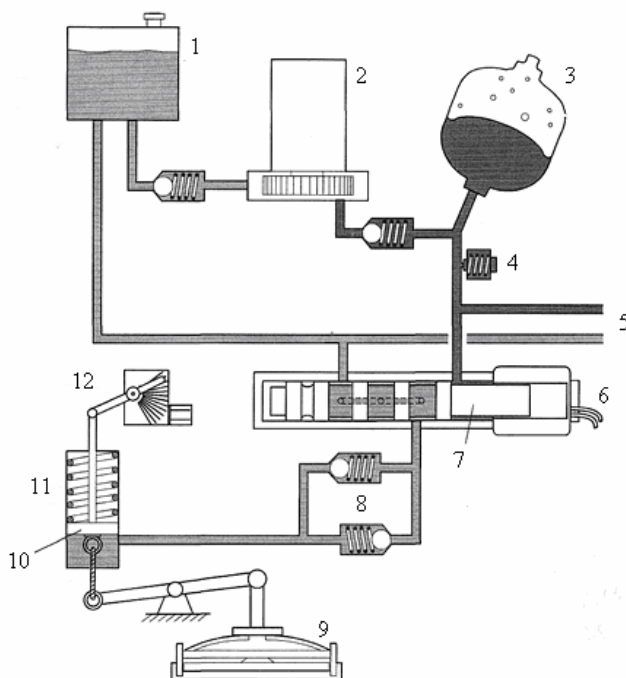
**Рис. 1.21. Компоненты системы регулирования скорости автомобиля:**

1 – блок управления дроссельной заслонкой; 2 – блок управления двигателем; 3 – измеритель массового расхода воздуха; 4 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 5 – датчик на педали тормоза; 6 – датчик на педали сцепления; 7 – переключатель СРС; 8 – скорость автомобиля

По сигналу с переключателя СРС блок управления двигателем берет на себя управление дроссельной заслонкой. После этого дроссельная заслонка открывается настолько, насколько это необходимо для поддержания заданной скорости автомобиля. У автомобилей с многофункциональным рулевым колесом на последнем предусмотрен дополнительный переключатель СРС. Система регулирования скорости выключается при поступлении сигналов «Производится торможение» и «Выжимается сцепление».

### 1.2.3. Гидравлические системы управления сцеплением

Схема гидравлического привода сцепления приведена на рис. 1.22.



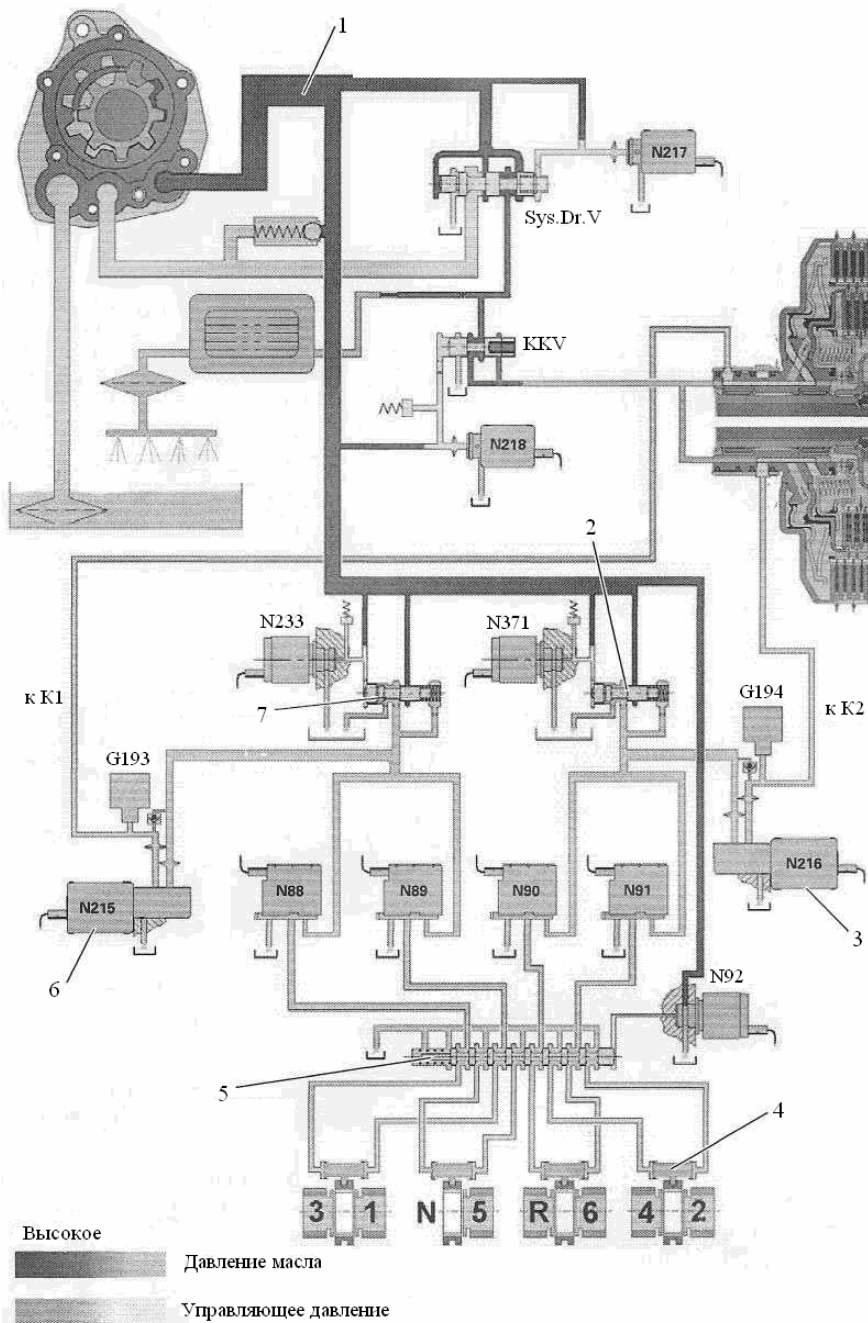
**Рис. 1.22. Гидравлический привод сцепления коробки передач D085:**

1 – бак для рабочей жидкости; 2 – гидронасос; 3 – гидроаккумулятор; 4 – датчик давления; 5 – к переключателю передач; 6 – электромагнитный клапан управления сцеплением; 7 – поршень электромагнитного клапана управления сцеплением; 8 – обратные клапаны; 9 – сцепление; 10 – поршень рабочего цилиндра привода сцепления; 11 – рабочий цилиндр привода сцепления; 12 – потенциометр

В процессе переключения передач по команде с блока управления включается электромагнитный клапан управления сцеплением. Этот клапан позволяет выключать или включать сцепление. На торце рабочего цилиндра привода сцепления установлен потенциометр, посредством которого в блок управления поступает информация о положении поршня рабочего цилиндра и, следовательно, о состоянии сцепления.

Гидравлическое управление сцеплением коробки передач 02F является непосредственным управлением сцеплением K1 и K2 через электромагнитные клапаны регулирования давления (рис. 1.23). На гидравлической схеме показаны положения клапанов при работающем блоке управления КП.

Блок управления Mechatronik J743 по 18 параметрам рассчитывает заданное давление и подает управляющий ток на клапан регулирования давления N215 или N216.



**Рис. 1.23. Гидравлическое управление сцеплением коробки передач**

На рис. 1.23 приняты следующие обозначения: 1 – основное давление; 2 – предохранительный клапан 2; 3 – клапан сцепления 2; 4 – вилка переключения передач; 5 – мультиплексор; 6 – клапан сцепления 1; 7 – предохранительный клапан 2; G193 – датчик 1 в гидравлической системе; G194 – датчик 2 в гидравлической системе; K1 – сцепление 1; K2 – сцепление 2; KKV – клапан охлаждения сцепления; N88 – электромагнитный клапан 1; N89 – электромагнитный клапан 2; N90 – электромагнитный клапан 3; N91 – электромагнитный клапан 4; N92 – электромагнитный клапан 5; N215 – электрический клапан регулирования давления 1; N216 – электрический клапан регулирования давления 2; N217 – электрический клапан регулирования давления 3; N218 – электрический клапан регулирования давления 4; N233 – электрический клапан регулирования давления 5; N371 – электрический клапан регулирования давления 6; Sys.Dr.V – клапан регулирования давления в системе (основное давление).

Давление в сцеплении изменяется практически пропорционально управляющему току, а с ним меняется и передаваемый сцеплением момент. Датчики G193 или G194 (датчики давления в гидравлической системе) измеряют давление (фактическое давление) в системе гидравлического управления сцепления. Фактическое давление в сцеплении постоянно сравнивается с рассчитанным J743 заданным значением. При этом происходит постоянная проверка достоверности заданного и фактического давления и происходит защитное отключение при соответствующих величинах отклонения.

Для того, чтобы избежать перегрева сцеплений, их охлаждение производится отдельным масляным потоком. Одновременно с подачей сигнала управления на механизм регулирования сцепления подключается система охлаждения сцепления. Из-за почти непрерывного микропроскальзывания происходят постоянная смазка и охлаждение сцеплений.

В соответствии с состоянием сцепления (или расходом масла) блок управления Mechatronik J743 подает на N218 определенный управляющий ток, который обеспечивает соответствующее управляющее давление. Это управляющее давление воздействует на поршень клапана охлаждения сцепления. В зависимости от управляющего давления из главного масляного контура отводится соответствующее количество масла, которое подается к сцеплениям. Максимальный поток охлаждающего масла составляет около 20 л/мин при 0,02 кПа.

N218 имеет падающую характеристику тока/давления. Это означает, что при выходе N218 из строя всегда устанавливается максимальный поток охлаждающего масла, обеспечивая тем самым максимально возможную мощность охлаждения. Если температура охлаждающего масла на выходе становится выше 160 °C (регистрируется датчиком G509), то это означает, что достигнута критическая температура сцепления. Такая температура может возникнуть при трогании на очень крутом подъеме (возможно, с прицепом) или же в случае, если автомобиль удерживается от скатывания на склоне за счет дозированного нажатия на педаль акселератора (без использования рабочей тормозной системы).

В качестве защитной функции в подобном случае используется пульсирующее управление, что ощущается в виде сильных рывков автомобиля (предупредительные рывки).

Одновременно на комбинации приборов мигает индикатор положения селектора. Цель «предупредительных рывков» – вынудить водителя прекратить движение и предотвратить дальнейший рост температуры сцепления. Нормальная реакция водителя на рывки – снятие ноги с педали акселератора. Если водитель проигнорирует предупредительные рывки и увеличит нажатие на педаль акселератора, то, начиная с температуры примерно 170 °С, крутящий момент двигателя и момент, передаваемый сцеплением, снижаются до такой степени, что двигатель работает лишь на оборотах повышенного холостого хода, а автомобиль не двигается. Это принуждает водителя снять ногу с педали акселератора.

Охлаждение сцепления при этом работает с максимальной скоростью и по истечении короткого времени сцепление вновь готово к работе. При повторном трогании с места крутящий момент двигателя передается полностью и можно продолжать движение.

## **1.2.4. Микропроцессорные системы управления трансмиссией**

### **1.2.4.1. Компоненты микропроцессорных систем управления гидромеханической передачей**

На моделях автобусов фирмы Volvo применяется электронная система управления ГМП с «жесткой логикой». В состав электронного блока системы управления, в основном, входят дискретные элементы и только несколько интегральных микросхем. Управление переключением передач осуществляется в зависимости от скорости движения автобуса и нагрузки двигателя. В качестве датчика скорости автобуса используется индукторный датчик, частота выходного сигнала которого пропорциональна частоте вращения ведомого вала ГМП. Датчиком нагрузки двигателя является ступенчатый электрический переключатель, связанный с педалью подачи топлива.

Механическая коробка передач с электронным управлением содержит три главные группы компонентов:

#### **1. К электронным компонентам относятся:**

- рычаг селектора коробки передач с электронным переключателем;
- электронное управление дроссельной заслонкой от педали акселератора;

- блок управления коробкой передач;

- электромагнитные клапаны;

- потенциометр и микровыключатели.

#### **2. В гидравлическую систему входят:**

- гидравлический блок с гидронасосом и гидроаккумулятором;

- рабочий цилиндр привода сцепления;

- гидропереключатель передач;

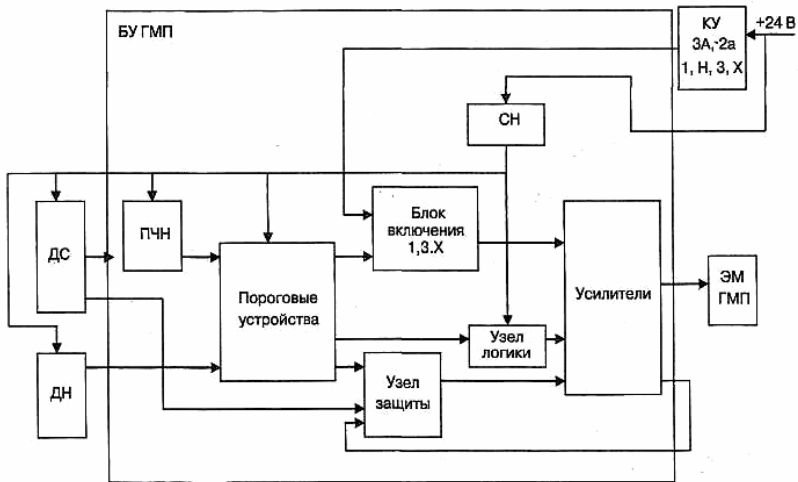
- гидравлические клапаны.

### 3. Механическая часть состоит из:

- механической коробки передач 085;

- штока выбора и переключения передач с рычажным механизмом его привода.

Рассматриваемая электронная система предназначена для автоматического управления трехступенчатой гидромеханической передачей с блокируемым гидротрансформатором. По мере разгона автобуса происходит последовательное переключение передач с первой до третьей и далее блокируется гидротрансформатор. Кроме этого, данная система выполняет защитные функции. Структурная схема показана на рис. 1.24, а подключение внешних устройств – на рис. 1.25. [22]



**Рис. 1.24. Структурная схема электронной системы управления ГМП автобусов Volvo**

В качестве датчика скорости (ДС) (рис. 1.24) использован индукторный датчик, который расположен над одним из зубчатых колес, установленных на ведомом валу ГМП. Поэтому частота изменения ЭДС на выходе ДС пропорциональна частоте вращения данного вала ГМП, т. е. пропорциональна скорости движения автобуса.

Датчик нагрузки (ДН) двигателя выполнен в виде двух переключателей S1 и S2, приводимых от педали подачи топлива. До тех пор, пока эта педаль находится в положениях, со соответствующими подаче менее 50% максимального значения величины подачи топлива, ни один из переключателей датчика нагрузки не срабатывает (положение контактов переключателей показано на рис. 1.25). [22]

Переключатель S1 срабатывает, когда педаль устанавливается в любое из положений, при которых подача топлива в двигатель составляет от 50 до 100% максимального ее значения. Для обеспечения срабатывания переключателя S2 водитель должен установить педаль подачи топлива дальше положения, соответствующего 100% подачи топлива в двигатель, преодолев

при этом усилии дополнительной пружины. Такой режим носит название «кикдаун» («Kick down») и используется для принудительного включения понижающей передачи автобуса с целью повышения его динамики в процессе обгона.

На рис. 1.25 приняты следующие обозначения: КУ – контроллер управления;  $S_{ГЗ}$  – выключатель гидрозамедлителя; S1, S2 – микропереключатели датчика нагрузки двигателя; ЭМ<sub>1</sub>, ЭМ<sub>2</sub>, ЭМ<sub>3</sub>, ЭМ<sub>бл</sub>, ЭМ<sub>3х</sub> – электромагниты системы управления.

Помимо основного режима управления гидротрансформацией, при котором по мере разгона автобуса осуществляется автоматическое переключение всех передач и блокировки гидротрансформатора (положение 3А контроллера на рис. 1.25), в системе управления предусмотрены еще следующие режимы:

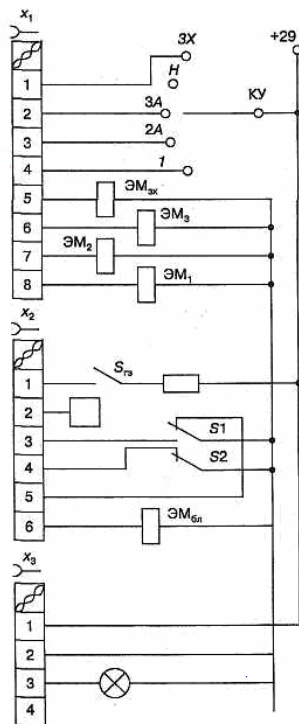
- автоматического переключения первой и второй передач с блокировкой гидротрансформатора после разгона автобуса на второй передаче до заданной скорости (положение 2А контроллера);
- принудительного включения первой передачи независимо от скорости движения автобуса (положение 1 контроллера);
- принудительного включения передачи заднего хода независимо от скорости движения автобуса (положение 3Х контроллера).

Задание необходимого режима работы системы управления ГМП осуществляется с помощью контроллера управления (КУ), схема подключения которого к электронному блоку приведена на рис. 1.25.

В табл. 1.1 указан порядок подключения электромагнитов системы управления к источнику питания в зависимости от включаемой передачи и положения контроллера управления.

**Узел пороговых устройств.** Команды на переключение передач и блокировку гидротрансформатора вырабатывает пороговое устройство системы управления в зависимости от уровня напряжения на выходе ПЧН и положения переключателей ДН (рис. 1.24).

Для переключения со второй на первую передачу скорость автобуса должна снизиться до значения  $v_{П-1}$ , при котором сила тока  $I_n$  станет меньше значения  $I_{н}$ .



**Рис. 1.25.** Схема подключения аппаратуры управления и электромагнитов системы управления ГМП к электронному блоку

## Порядок подключения электромагнитов системы управления

Положение контроллера	Включаемая передача	Электромагниты				
		ЭМ1	ЭМ2	ЭМ3	ЭМ <sub>бл</sub>	ЭМ <sub>зх</sub>
3А	Первая	+	-	-	-	-
	Вторая	-	+	-	-	-
	Третья	-	-	+	-	-
	Третья*	-	-	+	+	-
2А	Первая	+	-	-	-	-
	Вторая	-	+	-	-	-
	Вторая**	-	+	-	+	-
1	Первая	+	-	-	-	-
ЗХ	Задний ход	-	-	-	-	+
Н	Нейтральное положение	-	-	-	-	-

**Примечание.**

\* «+» - электромагнит включен; «-» - выключен;

\*\* - с режимом блокировки гидротрансформатора.

При включенной второй передаче, вследствие действия в делителе усилителя DA1 положительной обратной связи, уменьшение  $I_n$  до значения  $I_n$  произойдет при скорости  $v_{II-I}$ , которая меньше скорости  $v_{I-II}$ . Тем самым предотвращается цикличность переключения передач.

Для создания оптимальных условий работы ГМП в режиме 2А необходимо, чтобы на данном режиме блокировка гидротрансформатора включалась при более низких скоростях движения автобуса по сравнению с режимом 3А.

**Узел логики.** При движении автобуса с низкой скоростью напряжение на выходах усилителей близко к нулю, что соответствует уровню логического «0» для устройств, осуществляющих последующую обработку данных сигналов. По мере разгона автобуса высокое напряжение вначале появляется на выходах усилителей. Данный уровень напряжения является уровнем логической «1» при последующей обработке сигналов, выполняемой с помощью дешифратора, в качестве которого применена интегральная микросхема типа К511ИД1. Дешифратор осуществляет преобразование различных комбинаций сигналов на выходе усилителей в сигналы, необходимые для включения в заданной последовательности усилителей питания электромагнитов системы управления.

Дешифратор К511ИД1 имеет четыре входа, из которых используются только три (1, 2 и 4). В зависимости от комбинации сигналов с уровнями логического «0» или логической «1», подводимых к входам дешифратора, какой-либо один из его выходов соединяется с «массой».

Таблица истинности дешифратора (табл. 1.2) содержит указания, каким комбинациям сигналов на входе дешифратора соответствует соединение с «массой» того или иного его выхода. [22]

## Истинность дешифратора К511ИД1

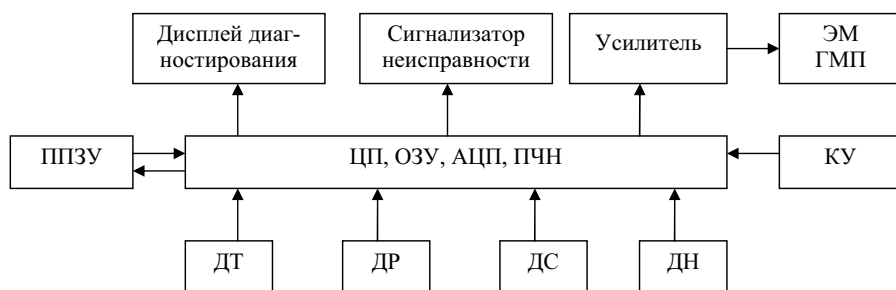
Номер строки	Уровень напряжения на входах			Номер выхода, соединенного с «массой»
	1	2	4	
<b>Предусмотренные комбинации входных сигналов</b>				
1	0	0	0	0
2	1	0	0	1
3	1	1	0	3
4	1	1	1	7
<b>Предусмотренные комбинации входных сигналов</b>				
5	0	1	1	6
6	1	0	1	5
7	0	1	0	2
8	0	0	1	4

При выполненном в схеме управления соединении выхода усилителя с входом 1 дешифратора и выходов усилителей соответственно с входами 2 та 4 дешифратора напряжение с уровнем логической «1» может появиться на входе с более высоким номером только при наличии такого уровня на входах с более низкими номерами. Такие комбинации сигналов, указанные в строках 1-4 табл. 1.2, в дальнейшем будут обозначаться термином «предусмотренные», поскольку соответствуют нормальной работе пороговых устройств. Любая другая комбинация сигналов на входах дешифратора, указанная в строках 5-8 табл. 1.2, возможна только при нарушении нормальной работы пороговых устройств. Поэтому в дальнейшем такие комбинации сигналов обозначаются термином «непредусмотренные».

#### 1.2.4.2. Структурная схема системы управления гидромеханической передачей

Микропроцессорные системы управления все чаще используются для управления автобусов, грузовых и легковых автомобилей с ГМП. Система управления АТЕС фирмы Allison Transmission предназначена для управления трех-, пятиступенчатыми ГМП, оборудованными блоком электромагнитных клапанов. С их помощью осуществляется управление исполнительными устройствами (фрикционными) ГМП. АТЕС (рис. 1.26) является многофункциональной системой управления. [22]

В зависимости от сигналов, поступающих от датчика скорости (ДС), контролирующего скорость автомобиля, и датчика нагрузки (ДН) двигателя, микропроцессор в соответствии с заложенной в него программой и с учетом положения контроллера управления (КУ) вырабатывает команды на переключение передач и блокировку гидротрансформатора. Эти сигналы усиливаются силовыми элементами системы управления и далее поступают к электромагнитам привода соответствующих гидравлических клапанов. Исполнительными устройствами ГМП являются фрикционы, включением и выключением которых управляют указанные гидравлические клапаны.



**Рис. 1.26. Структурная схема микропроцессорной системы управления ГМП грузовых автомобилей**

Кроме выработки сигналов на переключение передач система управления осуществляет ряд функций защиты передачи от аварийных режимов, а также используется для диагностирования состояния узлов ГМП по сигналам датчиков температуры масла (ДТ) и давления в системе (ДР).

ГМП является сложным и дорогостоящим агрегатом, поэтому современная сигнализация о возможных неисправностях позволяет существенно повысить ее эксплуатационную надежность. Система может быть применена для управления трансмиссиями различного типа благодаря тому, что корректировка алгоритма управления применительно к различным типам трансмиссий требует лишь изменения программы, записываемой в ППЗУ, т. е. сама система не претерпевает никаких конструктивных изменений.

Использование микропроцессорной системы управления ГМП обеспечивает переключение передач при скоростях движения автомобиля, отличающихся не более чем на 1% от их оптимальных значений. При применении гидравлической системы управления допуск скоростей, соответствующих переключению передач, составляет 5-10%.

Сравнительные испытания ГМП с гидравлической и микропроцессорной системами управления показали, что применение последней позволяет экономить до 7-8% топлива.

Система управления АТЕС выполняет следующие защитные функции:

- предотвращает возможность включения передачи заднего хода при скорости движения выше установленного предела;
- запрещает переключение передач в случае пробуксовывания или блокировки колес автомобиля при торможении, благодаря чему исключается ошибочное действие системы управления;
- предотвращает чрезмерное увеличение частоты вращения коленчатого вала при спуске с горы с включенным замедлителем.

Кроме того, система управления, будучи связанной с встроенными устройствами диагностирования, не только сигнализирует водителю о наличии каких-либо неисправностей или отклонении показателей ГМП от нормы (перегрев масла или недопустимое изменение давления в гидросистеме), но и записывает в память эти данные для последующего анализа причин появления неисправностей.

Микропроцессорная система управления для четырехступенчатой планетарной ГМП типа 4НР22 предназначена для применения в легковых автомобилях высокого класса.

В зависимости от разрежения в полости сервокамеры меняется положение ее штока и, соответственно, регулируется  $M_c$ , передаваемый сцеплением. Из рассмотрения зависимости  $M_c$  от перемещения  $L$  рычага привода сцепления (рис. 1.27) следует, что  $M_c$  изменяется от нуля до максимального при перемещении рычага на 13 мм (полный ход рычага 46 мм). Это учитывается алгоритмом системы управления. [22]

Команду на принудительное выключение сцепления в процессе переключения передач микропроцессорное устройство вырабатывает при поступлении к нему сигнала от выключателя, контакты которого замыкаются, когда водитель прикладывает усилие к рычагу переключения передач.

Обработка информации, получаемой от всех элементов системы управления, выполняется центральным микропроцессором ЦПУ типа 8085 с тактовой частотой 2,2 МГц, он связан с ППЗУ (объем памяти 2 кбайт) и ОЗУ (объем памяти 256 байт).

В ППЗУ записывается программа алгоритма, контакты, стандартные программы и т. д. ОЗУ используется для записи результатов промежуточных вычислений, текущих значений измеренных величин и других данных, требуемых для функционирования микропроцессорной системы.

Работа системы в реальном масштабе времени, необходимая для выдачи в определенное время команд управления и организации временных задержек, реализуется таймером. Связь между управляющими элементами системы и силовыми исполнительными устройствами (электромагнитные клапаны) осуществляется через так называемые порты ввода-вывода и усилительные каскады, ОЗУ; порты ввода-вывода и таймер выполнены в виде одной БИС типа 8156.

Микропроцессоры могут обрабатывать сигналы только в виде двоичного цифрового кода. В связи с этим сигналы от датчиков частоты вращения коленчатого вала, ведомого вала сцепления и ведомого вала коробки передач, имеющие вид последовательности импульсов, вначале с помощью ПЧН преобразуются в аналоговый сигнал напряжения постоянного тока, а затем с помощью АЦП – в двоичный код. Также с помощью АЦП осуществляется преобразование аналогового сигнала датчика положения дроссельной заслонки (потенциометра) в цифровой двоичный код.

### 1.2.4.3. Автоматические системы управления сцеплением

Разработаны различные системы автоматического управления сцеплением (Drive-Matic – Германия, Guidosimplex – Италия, Automotive Products и

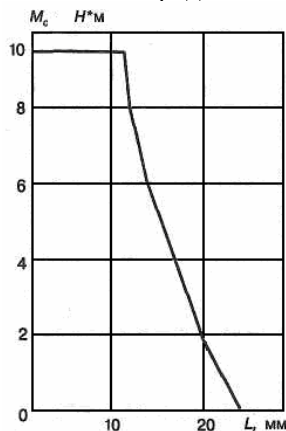


Рис. 1.27. Зависимость  $M_c=f(L)$

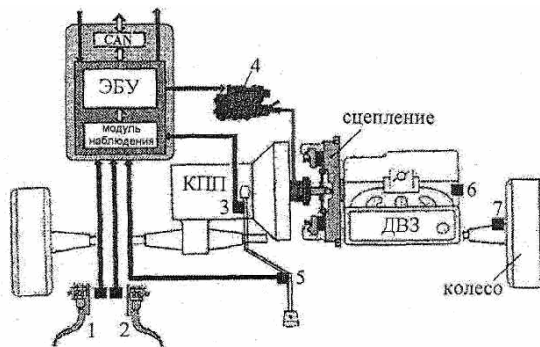
ACTS – Англия). Системы с электромеханическим, приводом сцепления EKS разработаны фирмой Sax (Германия) для установки на грузовых автомобилях Mercedes-Benz. Эти системы управления являются многопараметрическими системами автоматического управления. Электронный блок анализирует сигналы датчиков частоты вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач, скорости автомобиля, положения педали подачи топлива и определяет разность частот вращения ведущего и ведомого элементов сцепления. Эти параметры и являются параметрами управления режимом включения сцепления при разгоне автомобиля.

С применением электронных или микропроцессорных систем управления расширяются возможности реализации оптимальных законов управления сцеплением. Современные системы управления стандартным сцеплением обеспечивают не только регулировку момента сцепления в процессе его включения, но и предусматривают общую регулировку двигателя и сцепления в процессе трогания автомобиля с места и переключения передач.

Применение единой системы автоматической регулировки двигателя и сцепления позволяет:

- уменьшить загруженность сцепления в процессе трогания автомобиля с места и при переключении передач;
- снизить динамические нагрузки в трансмиссии и ходовой части автомобиля;
- повысить комфортабельность управления.

Автоматическое сцепление – это система, которая автоматически управляет сцеплением во время остановки автомобиля, трогания с места и при переключении передач (рис. 1.28).



**Рис. 1.28. Схема системы автоматического управления сцеплением:**

1 – педаль сцепления; 2 – педаль подачи топлива; 3 – датчик угла поворота рычага механизма переключения передач; 4 – установочный двигатель; 5 – датчик угла поворота в направлении выбора передач; 6 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 7 – датчик скорости колеса

**Задачи ЭБУ автоматического сцепления:**

- считывать сигналы с датчиков (положение педали акселератора, положение рычага переключения передач, установка данных исполнительных механизмов, параметры автомобиля и др.);

- определять необходимую передачу;
- определять состояние объектов (сцепление, коробка передач);
- рассчитывать исходные параметры;
- выдавать управляющие сигналы на исполнительные механизмы.

ЭБУ выполняет в системе автоматического управления сцеплением следующие функции:

- уменьшение крутящего момента двигателя;
- выключение сцепления;
- выбор соответствующей передачи;
- синхронизация;
- включение соответствующей передачи;
- включение сцепления;
- увеличение крутящего момента двигателя.

Выбор передачи определяется датчиком угла поворота в направлении переключения передач и датчиком угла поворота в направлении выбора передач. Предпосылки к переключению передач определяются датчиком угла поворота рычага механизма переключения передач.

В соответствии с этими сигналами блок управления автоматическим сцеплением получает изменяющиеся сигналы через шину передачи данных от других блоков управления.

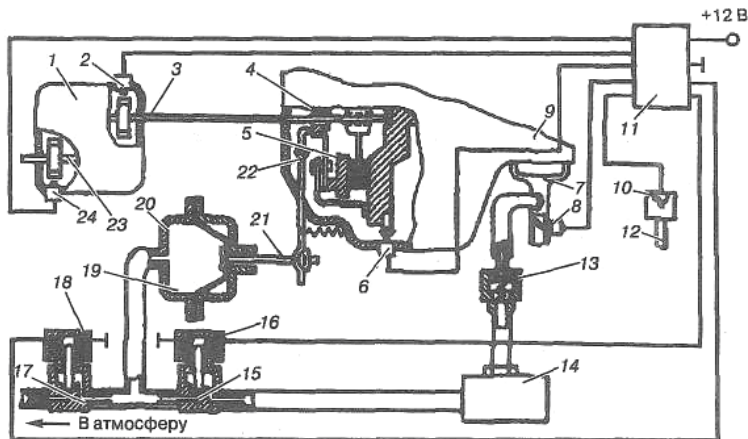
Благодаря достижениям микроэлектроники решения программы автоматического управления обычными фрикционными сцеплениями нашло реальную базу, потому что именно электроника способна сформировать все необходимые режимы работы фрикционного сцепления:

- принудительное выключение сцепления на время переключения передач и при снижении частоты вращения коленчатого вала до уровня, соответствующего режиму холостого хода двигателя;
- принудительная блокировка, которая гарантирует работу сцепления без пробуксовки после того, как в процессе разгона автомобиля отпадает необходимость в получении разных частот вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач;
- регулировка момента трения по заданным законам во время разгона автомобиля с целью наименьшего буксования при одновременном сохранении высоких тягово-скоростных качеств автомобиля.

Типичным примером системы с электромеханическим приводом сцепления является система EKS, разработанная фирмой Sax (Германия) для установки на грузовых автомобилях Mercedes-Benz. Ее особенность заключается в том, что в составе исполнительного устройства применен реверсивный приводной электродвигатель постоянного тока в соединении с мощной компенсирующей пружиной, действие которой направлено на выключение сцепления, то есть противоположное усилию прижимной пружины сцепления. Электродвигатель во время работы нагружается только разностью этих усилий, что позволяет иметь сравнительно небольшую мощность (~50 Вт). При этом он обеспечивает быстрое выключение сцепления, поскольку операция выполняется под воздействием компенсирующей пружины, а не элек-

тродвигателя, которому свойственна значительная инерционность в работе.

**Компоненты микропроцессорной системы** автоматического управления сцеплением легкового автомобиля «Фиат-Панда 30» показаны на рис. 1.29. Исполнительным механизмом системы является вакуумная сервокамера 20, шток 21 которой через рычаг 22 воздействует на выжимной подшипник 4 сцепления 5.



**Рис. 1.29. Схема размещения элементов микропроцессорной системы управления сцеплением:**

1 – коробка передач; 2 – датчик частоты вращения ведомого элемента сцепления; 3 – вал ведомого элемента сцепления; 4 – выжимной подшипник; 5 – сцепление; 6 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 7 – впускной коллектор двигателя; 8 – датчик положения дроссельной заслонки; 9 – двигатель; 10 – выключатель рычага переключения передач; 11 – электронный блок управления; 12 – рычаг переключения передач; 13 – обратный клапан; 14 – вакуумный ресивер; 15 – клапан соединения сервокамеры с ресивером; 16, 18 – электромагниты; 17 – клапан соединения сервокамеры с атмосферой; 19 – полость регулируемого давления сервокамеры; 20 – сервокамера; 21 – шток сервокамеры; 22 – рычаг; 23 – ведомый вал коробки передач; 24 – датчик частоты вращения ведомого вала коробки передач

Источником разрежения для вакуумной сервокамеры является впускной коллектор 7, соединенный через обратный клапан 13 с вакуумным ресивером 14. При подключении к источнику питания электромагнита 16 открывается управляемый им вакуумный клапан 15, в результате чего вакуумный ресивер соединяется с полостью 19 сервокамеры 20. Если же клапан 15 закрыт, то связь между вакуумным ресивером и полостью 19 прерывается. В случае подключения к источнику питания электромагнита 18 открывается приводимый им воздушный клапан 17, что приводит к соединению полости сервокамеры с атмосферой; при закрытом клапане эта связь прерывается.

Таким образом, при открытии клапана 15 увеличивается разрежение в полости сервокамеры, а при открытии клапана 17, наоборот, уменьшается. Когда оба клапана закрыты, разрежение в полости остается неизменным.

#### 1.2.4.4. Системы управления автоматической трансмиссией

Упрощенная схема управления АКП приведена на рис. 1.30.

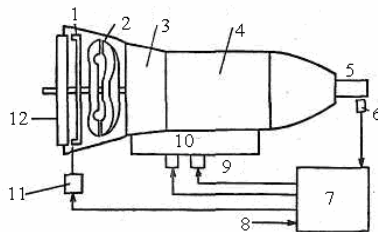
В электронной системе управления трансмиссией объектом регулирования является главным образом автоматическая трансмиссия. При этом микро-ЭВМ на основании сигналов датчиков угла открытия дроссельной заслонки и скорости автомобиля выбирает оптимальное передаточное число передачи и время включения сцепления. Кроме того, система, посылая в ЭБУ двигателя необходимые сигналы, может обеспечивать смягчение ударов и толчков, возникающих при переключении передач и срабатывании сцепления. На рис. 1.30 представлен пример такой системы.

Электронная система управления трансмиссией по сравнению с применявшейся ранее гидромеханической системой повышает точность регулирования передаточного числа, дает бóльшие возможности при проектировании, а также позволяет упростить механизм управления, повысить экономичность, управляемость и другие параметры автомобиля. Поэтому ЭБУ трансмиссией начинают применяться не только в автомобилях высшего класса, но и в серийных моделях. Комплексные системы, которые управляют как двигателем, так и трансмиссией, сейчас распространены и в Японии, и в Европе.

Автоматическая коробка DW20 приводится в действие механическим, гидравлическим и электрическим способами и обеспечивает удобства, имея следующие достоинства:

- улучшаются характеристики переключения скоростей, так как соединение с двигателем происходит в оптимальных условиях;
- улучшаются показатели расхода топлива, благодаря переключению передач по программе оптимального режима движения;
- возможность широкого выбора программ: economic/power, winter;
- уменьшается механическая усталость в системе передачи тягового усилия;
- встроена функция самодиагностики неисправностей;
- возможно движение в чрезвычайном режиме по программе чрезвычайного режима при возникновении неисправности системы.

Четырехступенчатая автоматическая коробка передач (АКП) переднеприводных автомобилей (DW20) имеет 4 передних и 1 заднюю передачи, позицию для стоянки, нейтральную позицию, но, кроме того, имеет в своем составе converter (lock up) clutch), что помогает улучшить ходовые качества



**Рис. 1.30. Пример системы управления трансмиссией:**

1 – сцепление; 2 – диски сцепления; 3 – механизм ускоряющей передачи; 4 – механизм изменения передаточного числа; 5 – выходной вал; 6 – датчик скорости автомобиля; 7 – ЭБУ; 8 – угол открытия дроссельной заслонки; 9 – электромагнитный клапан изменения передаточного числа; 10 – гидравлическая система; 11 – электромагнитный клапан сцепления; 12 – маховик двигателя

автомобиля и показатели расхода топлива в зависимости от характера движения.

Управление АКП происходит, благодаря электронному блоку ТСМ, где сигналы, поступающие от ТСМ, передаются на четыре электромагнитных клапана, которые формируют гидравлическую цепь и, в конечном счете, при любых режимах движения соответствующим образом корректируют нагрузку так, чтобы переключение передач происходило мягко и без рывков.

### **Контрольные вопросы**

1. Какое назначение трансмиссии?
2. Какие требования предъявляются к сцеплению автомобиля?
3. Какое назначение коробки передач, какие существуют типы КП?
4. Опишите компоненты микропроцессорных систем автомобиля.
5. Приведите структурную схему управления гидромеханической КП.
6. Какие существуют системы автоматического управления сцеплением?
7. Назовите компоненты микропроцессорных систем автоматического управления сцеплением автомобиля.
8. Приведите укрупненную схему автоматического управления трансмиссией легкового автомобиля.
9. Из каких компонентов состоит система регулирования скорости автомобиля?

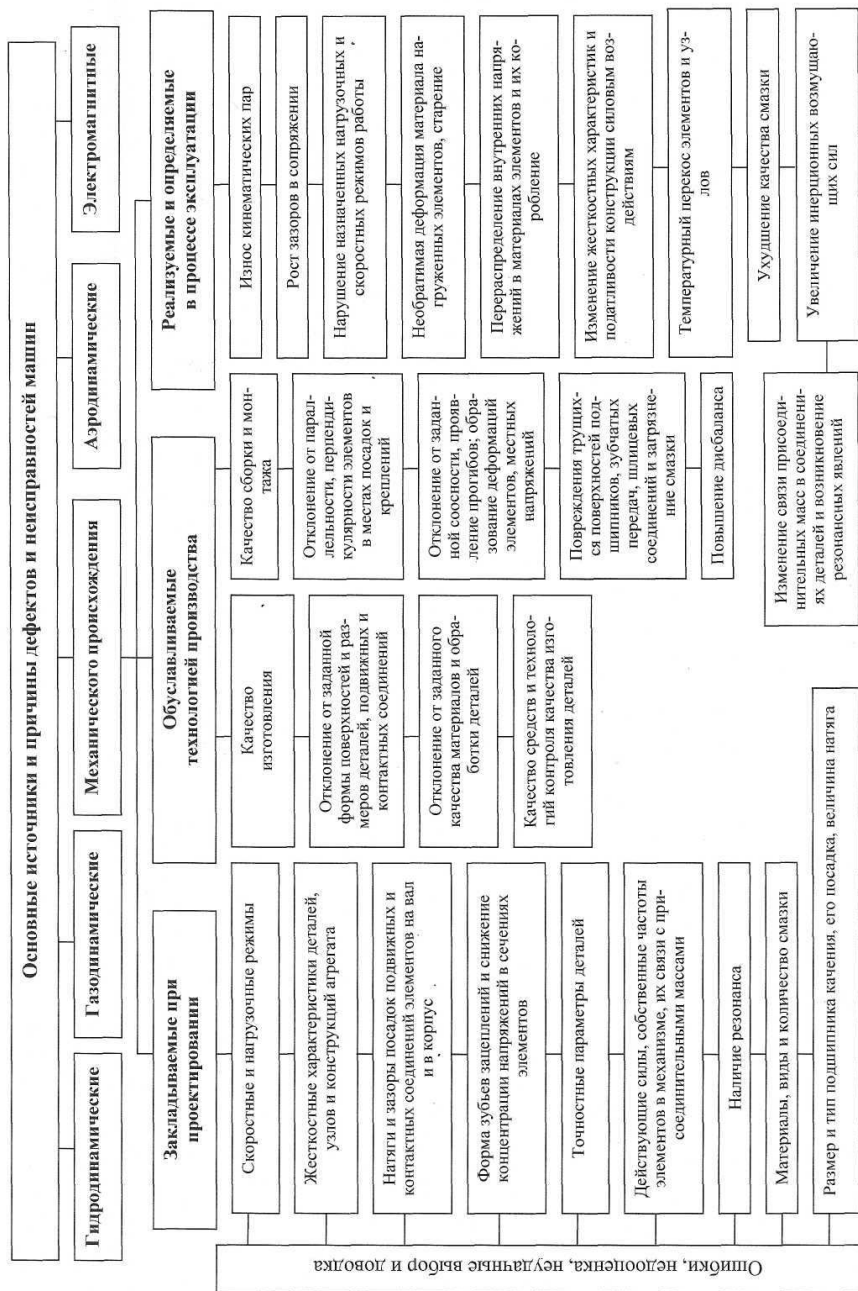
## **2. НЕИСПРАВНОСТИ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

На агрегаты и механизмы трансмиссии (сцепление, карданная передача, коробка передач, раздаточная коробка, главная передача и бортовые редукторы) приходится 10-15% всех отказов, при этом материальные и трудовые затраты на восстановление их работоспособности составляют 40% всех затрат. Для устранения отказов автоматической трансмиссии (автоматической, полуавтоматической и гидромеханической передач), являющейся наиболее сложным и дорогостоящим агрегатом автомобиля, требуется до 25% материальных и трудовых ресурсов.

На бесступенчатые автоматические коробки передач (АКП) со стальным гибким ремнем фрикционного зацепления, гидравлическим насосом и системой электронно-гидравлического управления, применяемые на легковых автомобилях с передним приводом и поперечно расположенным двигателем небольшой мощности приходится не более 12-15% всех отказов и неисправностей. Трудозатраты на их устранение значительно больше (до 30%), что связано с высокой трудоемкостью снятия, ремонта и установки данного агрегата.

Неисправности механизмов трансмиссии грузовых машин типа ЗИЛ, ГАЗ приводит к повышению расхода топлива на 15-20%. Применение в агрегатах трансмиссии масла с более высокой вязкостью по сравнению с рекомендованной приводит к повышению расхода топлива до 8%.

Основные источники и причины дефектов и неисправностей узлов и агрегатов трансмиссии машин показаны на рис. 2.1 и 2.2.



**Рис. 2.1. Основные факторы механического происхождения, определяющие дефекты и неисправности**

Источники внутренних и внешних возмущающих воздействий механического происхождения					
Подшипниковые узлы качения	Зубчатые передачи	Валы привода и их соединения	Погрешности сборки и монтажа отдельных узлов агрегатов и комплектной машины при изготовлении и ремонте	Динамические свойства конструкции	Внешние возмущающие силы
Погрешности изготовления подшипников	Пересопряжение зубьев	Дисбаланс	Дисбаланс	Распределение собственных частот деталей, узлов, корпусов, агрегатов, комплектной машины	Нагрузочные режимы
Отклонение формы беговых дорожек колеи подшипника	Отклонение размера и формы зубьев	Зазоры в опорах валов	Изменение формы беговых дорожек колеи подшипников при посадке на вал и корпусе (стакан)	Жесткостные характеристики деталей, валов, узлов, корпусов, соединений	Скоростные режимы
Отклонение формы тел качения	Циклическая ошибка зацепления	Несоосность валов	Повреждение беговых дорожек и тел качения при сборке подшипникового узла	Демпфирующие свойства материалов	Климатические условия
Равномерность тел качения	Радиальное биение	Изгиб валов	Перекосы подшипников при монтаже	Демпфирующие свойства конструкции детали и соединений	Характеристика силового воздействия
Погрешность сепаратора	Боковой зазор между зубьями шестерен	Овальность шеек валов	Смещение наружного кольца подшипника относительно внутреннего	Резонансная чувствительность элементов и конструкций к изменению внутренних и внешних возмущений	Пульсация крутящего момента
Погрешности изготовления посадочных мест подшипника	Отклонение осевого расстояния между зубьями шестерен	Неодинаковые моменты инерции поперечного сечения валов	Изгиб вала	Создание местных напряжений в элементах и соединениях	Пульсация на-грузки, пуск, торможение, реверс, сброс, набор нагрузки, характер «отбора» мощности
Отклонение формы посадочных мест вала и корпуса подшипникового узла	Непараллельность зубьев	Дефекты соединений валов муфтами	Нарушение нормативных зазоров и натягов в сопряжениях элементов	Качество энергоснабжения, смазки	Качество энергоснабжения, смазки
Перекосы колец из-за перекосов или несоосностей посадочных мест, перпендикулярности буртиков валов, корпусов и крышек	Инерционные параметры шестерни валов	Характер посадки деталей на вал			
Погрешности сборки подшипниковых узлов					

Рис. 2.2. Основные источники конструктивных и производственных дефектов и эксплуатационных неисправностей

## 2.1. Неисправности сцепления

К основным неисправностям фрикционного сцепления относятся:

- пробуксовка под нагрузкой (отсутствие свободного хода педали сцепления);
- изнашивание или замасливание фрикционных накладок и ослабление пружин;
- неполное выключение (увеличен свободный ход педали сцепления);
- перекос рычажков сцепления, заклинивание или коробление ведомого диска;
- резкое включение (заедание подшипника выключения, поломка демпферных пружин, изнашивание шлицевого соединения первичного вала и муфты ведомого диска);
- нагрев, стуки и посторонний шум (постоянное вращение и разрушение подшипника выключения, ослабление заклепок накладок диска, ослабление рычагов сцепления или неправильное их расположение – в одной плоскости).

**Пробуксовка сцепления** проявляется недостаточным ускорением при резком нажатии на педаль управления дроссельными заслонками, ощущается при этом потеря мощности при движении на подъем; возрастает расход топлива, двигатель перегревается.

Причинами пробуксовки являются:

- замасливание маховика, нажимного диска, фрикционных накладок ведомого диска;
- сильный износ или пригорание фрикционных накладок ведомого диска;
- повреждение или заедание привода выключения сцепления.

**Неполное выключение сцепления** (сцепление «ведет») проявляется затрудненным переключением передач переднего хода, передача заднего хода включается с шумом.

Причинами неполного выключения являются:

- неправильная установка, ослабление заклепок или поломка фрикционных накладок ведомого диска;
- коробление ведомого диска (торцевое биение более 0,5 мм);
- задиры на рабочих поверхностях маховика или нажимного диска;
- заедание ступицы ведомого диска на шлицах первичного вала коробки передач;
- перекос или коробление нажимного диска;
- заедание переднего подшипника первичного вала коробки передач.

**Дерганье при движении автомобиля** и при трогании с места, несмотря на плавное включение сцепления. Причинами дерганья автомобиля являются:

- потеря упругости пружинных пластин ведомого диска;
- замасливание рабочих поверхностей фрикционных накладок, маховика и (или) нажимного диска;

- повреждение или ослабление крепления подушек подвески силового агрегата, размягчение резиновых деталей подвески;
- износ переднего подшипника первичного вала коробки передач;
- деформация ведомого диска;
- перекос нажимного диска из-за деформации кожуха при неправильном монтаже сцепления в сборе на маховик двигателя;
- ослабление крепления накладок ведомого диска вследствие неплотности клепки;
- заедание в приводе выключения сцепления.

Дребезжание, стук или шум при включении сцепления возникает в результате:

- износа деталей гасителя крутильных колебаний;
- износа окон под пружины гасителя крутильных колебаний в ведомом диске, ступице и пластине демпфера;
- значительной осадке или поломки пружин гасителя крутильных колебаний;
- деформации ведомого диска;
- большого или неравномерного износа шлицев ступицы ведомого диска или первичного вала коробки;
- износа переднего подшипника первичного вала коробки передач.

**Повышенный шум при выключении сцепления** проявляется при износе, повреждении или утечке смазочного материала из подшипника выключения сцепления.

Рывки и удары в трансмиссии автомобиля при трогании с места, несмотря на плавное включение сцепления возникают при:

- износе деталей гасителя крутильных колебаний;
- значительной осадке или поломке пружин гасителя крутильных колебаний;
- задирах на рабочих поверхностях маховика или нажимного диска;
- деформации ведомого диска;
- большом износе или образовании трещин на фрикционных накладках ведомого диска;
- замазливании фрикционных накладок ведомого диска.

Основные неисправности сцепления, причины и методы их устранения приведены в табл. 2.1.

*Таблица 2.1*

**Возможные неисправности сцепления, причины и методы их устранения**

<b>Неисправность</b>	<b>Возможные причины</b>	<b>Метод устранения</b>
Отказ в выключении (педаль, вдавливаемая до упора, не выдвигает свободно шестерню заднего хода)	Неправильная работа сцепления	Откорректировать, как требуется

Неисправность	Возможные причины	Метод устранения
Отказ в выключении (педаль, вдавливаемая до упора, не выдвигает свободно шестерню заднего хода) <i>(продолжение)</i>	Неправильный ход педали	Отрегулировать привод сцепления
	Разболтанное сцепление	Ремонт или замена, если необходимо
	Поврежден диск сцепления	Замена диска
	Неправильно установлен вал вилки	Перемонтировать правильно, очень легко смазать вкладыши в выключателе подшипнике консистентной смазкой
	Заедание ступицы диска сцепления на шлицах первичного вала	Ремонт или замена, если необходимо
Пробуксовка	Неправильная работа сцепления	Откорректировать, как требуется
	Замасливание диска сцепления	Устранить источник течи и установить новый диск
	Изношенность или повреждение поверхности диска	Заменить диск
	Искривление нажимного диска или маховика	Заменить нажимной диск или маховик
	Снижение упругости (оседание) пружинной диафрагмы	Заменить пружинную диафрагму
Захватывание (вибрация)	Замасливание поверхности. Обгоревшие или потускневшие поверхности	Устранить течь и установить новый диск сцепления
	Изношенность шлицев на первичном валу	Заменить первичный вал
	Искривление нажимного диска или маховика	Заменить нажимной диск или маховик
	Перегорание или осмоление маховика или нажимного диска	Отшлифовать песком, если повреждения поверхностные. Заменить прогоревшие или треснутые части
	Дребезжание (зажим передачи)	Слабые отводящие пружины
Незакрепленная разъединяющая вилка		Снять и перемонтировать правильно
Масло на демпфере ведомого диска		Устранить причину течи масла и заменить ведомый диск
Поврежденная пружина виброизолятора ведомого диска		Заменить ведомый диск
Шумы выключателя подшипника с полностью выключенным сцеплением	Заедание выключателя подшипника	Очистить, еще раз смазать, предотвратить зазубривание, пережим и прочее
	Разъединяющий рычаг установлен неправильно	Снять и перемонтировать правильно
	Слабое усилие возвратной пружины	Заменить пружину

Неисправность	Возможные причины	Метод устранения
Шумный подшипник	Изношенность выключающего подшипника	Заменить подшипник
	Разъединяющий рычаг установлен неправильно	Снять и перемотировать правильно. Очень легко смазать вилку выключения сцепления консистентной смазкой
Педаль остана на полу при выключении	Заедание в сцеплении или в выключающем подшипнике	Смазать и освободить сцепление и выключающий подшипник
	Ослабление пружин нажимного диска	Заменить нажимной диск или маховик
Чрезмерное напряжение педали	Заедание в сцеплении	Смазать и освободить сцепление и выключающий подшипник
	Изношенность ведомого диска	Заменить ведомый диск
	Изношенность троса привода	Заменить трос

## 2.2. Неисправности механических коробок передач

Неисправностями механической и гидравлической коробки являются:

- увеличение зазоров в зубозацеплении отдельных зубчатых пар, которые приводят к повышению суммарного бокового зазора в системах зубозацепления, появлению динамических нагрузок, вибрации;
- разрегулирование деталей привода, изнашивание подшипников, зубьев, шлицев, валов, фиксаторов, что приводит к самовыключению передач;
- неполное выключение сцепления или неисправности синхронизаторов, которые приводят к повышению шума при переключении;
- нагрев, большой низкий уровень масла, изнашивание или поломка зубьев зубчатых колес, изнашивание подшипников и их посадочных мест, ослабление креплений и разрегулировка зацепления зубчатых пар, что приводит к повышению вибрации и шума;
- подтекания смазочного материала из-за изнашивания уплотнительных манжет и повреждений уплотняющих прокладок;
- снижение давления масла в магистрали и оборотов валов, что приводит к повышению вибрации и шума гидротрансформатора.

Причины неисправностей коробки передач двигателя ЯМЗ-238А и способы их устранения приведены в табл. 2.2.

Неисправности сцепления и ручной коробки передач обнаруживаются трудностями переключения такими, как максимальное усилие при переключении, лязг зубчатой передачи, трение со скрипом или блокировка. Когда какое-либо из этих состояний обнаружено, должен быть проведен внимательный анализ и сделаны контроль и регулировка перед тем, как разбирать сцепление или коробку передач для ремонтных работ. Возможные причины

неисправностей коробок передач на примере автомобиля Opel Kadett приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.2

**Возможные неисправности коробки передач ЯМЗ-238А,  
их причины и способы устранения**

<b>Причина неисправности</b>	<b>Способ устранения</b>
<b>Затрудненное переключение передач</b>	
Большой люфт рычага при выборе передач	Отрегулировать блокировочную муфту телескопической тяги привода
Неполное выключение сцепления	См. табл. 2.1
Износ или повреждение синхронизатора коробки передач	Заменить неисправный синхронизатор
Повреждены зубья зубчатых муфт	Заменить поврежденные детали
При включении передач с положением рычага управления КП «Вперед» разблокируется муфта телескопической тяги привода	Отрегулировать угол наклона рычага в кабине в продольном направлении, укоротив продольную тягу привода
При включении передач с использованием рычага управления КП «Назад» разблокируется муфта телескопической тяги	Отрегулировать блокировочную муфту телескопической тяги
<b>Повышенный шум при работе коробки передач</b>	
Недостаточно масла в коробке передач	Залить масло до контрольного отверстия
Износ подшипников валов коробки передач	Заменить неисправные подшипники
Повышенный износ зубьев шестерен	Заменить изношенные шестерни
<b>Самопроизвольное выключение передач при движении автомобиля</b>	
Неравномерный износ зубьев зубчатых муфт	Заменить неисправные детали
Повышенный износ подшипников валов коробки передач	Заменить неисправные подшипники
Неисправности фиксаторов штоков механизма переключения	Заменить неисправные детали
<b>Самопроизвольное выключение передач в дополнительной коробке при движении автомобиля</b>	
Поступление сжатого воздуха в полость цилиндра, противоположную включенной передаче	Заменить неисправные кольца золотника и впускного клапана воздухораспределителя
Износ замка в шлицевом соединении каретки синхронизатора	Заменить изношенные детали
Износ вилки переключения передач	Заменить изношенные детали
<b>Неполное выключение или замедленное включение передач в дополнительной коробке при нейтральном положении рычага основной коробки передач</b>	
Износ резины впускного клапана	Заменить изношенный клапан
Поломка пружины впускного клапана	Заменить неисправную пружину

Таблица 2.3

**Возможные неисправности коробок передач**

<b>Неисправность</b>	<b>Возможные причины</b>
Удар при низких скоростях	Изношенность ведущей оси привода или соединений
	Изношенность втулки торцевой зубчатой передачи

<b>Неисправность</b>	<b>Возможные причины</b>
Шум, наиболее явный на оборотах	Шум дифференциальной передачи
Звон при ускорении или торможении	Ослабление крепления двигателя
	Изношенность внутренних соединений ведущей оси
	В случае изношенности оси сателлитов дифференциала В случае изношенности сверх нормы торцевой зубчатой передачи
Звенящий шум в оборотах	Изношенность наружного соединения привода
Вибрация	Неровный подшипник колеса
	Изогнутая ведущая ось
	Деформация шин
	Асимметрия шин
	Изношенность соединения привода ведущей оси
	Неправильный угол ведущей оси (дифферент высоты)
Шум в нейтральном положении с работающим двигателем	Износ блока подшипников
	Изношенность выключающего подшипника сцепления
	Износ блока шестерен ведущего вала
	Изношенность подшипника 1-й передачи
	Изношенность подшипника 2-й передачи
	Изношенность подшипника 3-й передачи
	Изношенность подшипника 4-й передачи
	Изношенность подшипника 5-й передачи
Шум только в первой передаче	Изношенность подшипников вторичного вала
	Треснутая, поцарапанная или изношенная первая шестерня постоянно зацепленных шестерен
	Износ синхронизатора 1-2-й передач
	Износ подшипника 1-й передачи
	Износ подшипника дифференциала
	Износ зубчатого венца
Шум только во второй передаче	Рычаг переключения и штоки
	Треснутая, поцарапанная или изношенная вторая шестерня постоянно зацепленных шестерен
	Износ синхронизатора 1-2-й передач
	Износ подшипника 2-й передачи
	Износ подшипника дифференциала
	Износ зубчатого венца
Шум только в 3-й передаче	Рычаг переключения и штоки
	Треснутая, поцарапанная или изношенная третья шестерня постоянно зацепленных шестерен
	Износ синхронизатора 3-4-й передач
	Износ подшипника 3-й передачи
	Износ подшипника дифференциала
	Износ зубчатого венца
Шум только в 4-й передаче	Рычаг переключения и штоки
	Треснутая, поцарапанная или изношенная шестерня 4-й скорости или подводящая шестерня
	Износ синхронизатора 3-4-й передач
	Износ подшипника 4-й передачи
	Износ подшипника дифференциала

<b>Неисправность</b>	<b>Возможные причины</b>
Шум только в 4-й передаче ( <i>продолжение</i> )	Износ зубчатого венца
	Рычаг переключения и штоки
Шум только в 5-й передаче	Треснутая, поцарапанная или изношенная шестерня 5-й скорости или подводящая шестерня
	Износ синхронизатора 5-й передач
	Износ подшипника 5-й передачи
	Износ подшипника дифференциала
	Износ зубчатого венца
Шум только при переключении на задний ход	Рычаг переключения и штоки
	Треснутая, поцарапанная или изношенная промежуточная шестерня заднего хода, втулка промежуточной шестерни или подводящая шестерня
	Износ синхронизатора 1-2-й передач
	Износ подводящей шестерни
	Износ подшипника дифференциала
Шум во всех передачах	Износ зубчатого венца
	Износ шестерни дифференциала подшипников
	Несоответствующая смазка
	Износ подшипников
	Треснутая, поцарапанная или изношенная подводящая шестерня (вал) и/или ведущая шестерня (вал)
Пробуксовка передач	Изношенный или неправильно отрегулированный рычажный механизм
	Рычаг переключения не работает свободно, заедает
	Подшипник ведущей шестерни разрушен или разболтан
	Изношенная или погнута вилка переключения
Утечки в площадке сцепления	Картер коробки передач
	Механизм переключения
	Выключатель фонарей заднего хода
Утечка с левой стороны коробки	Подшипниковый щит двигателя и кожух
Утечка в дифференциале	Обойма подшипников дифференциала
	Коробка дифференциала
	Сальник ведущего вала
Затрудненное переключение передач	Разъединяющий направляющий подшипник
	Механизм переключения
	Система размыкания сцепления
	Синхронизатор 5-й передачи
Лязг шестерен	Разъединяющий направляющий подшипник
	Система размыкания сцепления
	Ведущий вал/ведущая шестерня блока шестерен
	Синхронизатор 5-й передачи
	5-я передача/подшипник
	1-я передача/подшипник
	Синхронизатор 1-2-й передач
	2-я передача/подшипник
	3-4-я передача/подшипник
	Синхронизатор 3-4-й передач
Промежуточная шестерня заднего хода	

**Признаками неисправностей гидромеханической коробки передач (ГМП) являются:**

- невключение той или иной передачи при движении автомобиля из-за выхода из строя электромагнитов, заклинивания главного золотника, отказа в работе гидравлических клапанов, разрушения уплотнительных колец и сальников, разрегулировки системы автоматического управления переключения передач;

- рывки при переключении передач как следствие разрегулировки переключателя золотников периферийных клапанов или ослабления крепления центробежного регулятора и тормоза главного золотника;

- несоответствие моментов переключения передач (скоростей движения, на которых должны происходить переключения передач), степени открытия дроссельной заслонки двигателя вследствие нарушения регулировки моментов автоматического переключения передач или неисправностей в работе силового и центробежного регуляторов (погнутость, заедание тяг и рычагов, ослабление креплений);

- пониженное давление масла в главной магистрали из-за износа деталей масляных насосов или чрезмерных внутренних утечек масла в передаче;

- повышенная температура масла на сливе из гидротрансформатора или в поддоне ГМП вследствие коробления или повышенного износа дисков фрикционов.

### **2.3. Неисправности автоматических коробок передач**

Все автоматические коробки передач работают по одному и тому же принципу. Имеется определенная взаимосвязь между работой двигателя и правильной работой коробки передач.

Наиболее распространенными неисправностями АКП в эксплуатации являются:

- посторонний шум и вибрация (28-30%);

- проскальзывание или пробуксовка (20-23%), способные затруднить трогание автомобиля с места;

- несоответствие передач режимам работы двигателя (32-35%), приводящее к запаздыванию и «вялому» переключению, передач, рывкам, «вялому» разгону в режиме пониженной передачи (включении кнопки «Kick down»);

- заклинивание и постоянная работа на одной из передач (8-10%);

- отсутствие передачи заднего хода (2-3%);

- нарушения в работе селектора переключения передач, в световой (иногда и в звуковой) системе информации и индексации о режиме работы автоматической трансмиссии (3-4%);

- подтекание масла (4-6%). [15]

Основными причинами неисправностей АКП с гидравлическими и электронными системами управления являются:

- гидравлическая система;

- механические элементы;

- функциональные элементы;
- гидротрансформатор;
- электронные элементы;
- сбой в работе двигателя;
- неправильная информация, поступающая в ЭБУ;
- неправильная регулировка.

Типовые признаки неисправностей могут быть такими:

- автомобиль останавливается при включении передачи;
- заметно увеличен расход топлива;
- автомобиль дергается при движении по магистрали с высокой скоростью;
- автомобиль теряет мощность на низких скоростях, сразу после переключения;
- ощущается вибрация сразу после переключения передачи на низкой скорости;
- после прогрева муфта гидротрансформатора остается постоянно на повышенной передаче – автомобиль почти останавливается и дергается прямо перед остановкой.

При возникновении неисправности в автоматической коробке передач (АКП) сначала нужно понять, где возникла неисправность: в двигателе, в самой коробке передач или в электрической цепи, только после этого приступить к устранению.

Обледенение конденсации, накопление конденсации влаги или воды в вакуумной магистрали и модуляторе при низких температурах приводят к тому, что вода замерзает после выключения двигателя. Это удерживает модулятор в режиме высокого вакуума. Перемещение диафрагмы модулятора ограничивается и вакуум будет равен нулю до тех пор, пока двигатель и коробка передач не прогреются и лед растает. Тем временем линейное давление высокое, и режим переключения работает на предельных значениях.

Обледенение модулятора может стать причиной того, что линейное давление превысит свое максимально допустимое значение, что приведет к растрескиванию корпуса коробки передач или крышки исполнительного механизма. Обледенение начинает проявляться с началом заморозков, когда температура воздуха снижается до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Причинами непереключения какой-либо передачи АКП являются неисправности электромагнитов (соленоидов), заклинивание главного гидроклапана-золотника, неисправности в работе гидравлических клапанов, разрегулировка системы автоматического управления переключением передач. Рывки при переключении передач, как правило, возникают при разрегулировке переключения золотников периферийных клапанов или ослабления центробежного регулятора и тормоза главного золотника. Несоответствие моментов переключения передач скорости движения и степени открытия дроссельной заслонки возникает при разрегулировке системы автоматического переключения передач и понижении давления масла в главной магистрали из-за износа деталей масляных насосов или чрезмерных внутренних утечек масла.

В табл. 2.4 приведены неисправности АКП и их причины на примере автомобиля А240Е, А241Е.

Часто при обнаружении неисправности поиск ее причины не начинают с контроля переключателей и датчиков, считая их заведомо исправными. В результате часто делаются неправильные выводы и заменяются исправные детали. При диагностике АКП с электронным управлением необходимо в точности следовать последовательности действий, указанной изготовителем.

Диагностические коды неисправностей, генерируемые модулем управления, сообщают диагносту о наличии неисправности в электронных и электрических цепях. Они задают путь, по которому выполняется последующая локализация неисправности. Номера кодов и их значения отличаются у каждого изготовителя. При диагностике необходимо правильно расшифровать коды, тип кода, а также другие сопутствующие коды, появляющиеся вместе с ним. При одновременном появлении нескольких кодов необходимо вначале обращать внимание на коды, связанные с работой двигателя. Когда имеются коды неисправности двигателя, следующим шагом обычно будет просмотр входных и выходных кодов коробки передач.

Таблица 2.4

**Неисправности АКП переднеприводного автомобиля  
и их возможные причины**

<b>Неисправность</b>	<b>Возможные причины</b>
Изменен цвет жидкости или запах гари	Жидкость испорчена
	Неисправен преобразователь крутящего момента
	Неисправность АКП
Автомобиль не движется ни вперед, ни назад ни в одном из диапазонов	Разрегулирован трос переключения
	Неисправен корпус клапана или первичный регулятор
	Неисправна защелка парковочной блокировки
	Неисправен преобразователь крутящего момента
	Повреждена пластина привода преобразователя
	Забит входной сетчатый масляный фильтр
Положение рычага селектора неправильное	Неисправность АКП
	Разрегулирован трос переключения
	Неисправны управляющий клапан и рычаг
Резкое включение в любом диапазоне для движения	Неисправность АКП
	Разрегулирован трос дроссельной заслонки
	Неисправен корпус клапана или первичный регулятор
	Неисправны поршни накопителя
Замедленное переключение 1-2-я, 2-3-я или 3-я-повышающая при переключении на передачи или переключения: повышающая-3-я, 3-2-я и обратное переключение на повышающую или 3-ю передачу	Неисправность АКП
	Разрегулирован трос дроссельной заслонки

Продолжение табл. 2.4

<b>Неисправность</b>	<b>Возможные причины</b>
Проскальзывание при переключении: 1-2-я, 2-3-я или 3-я-повышающая	Разрегулирован трос переключения
	Разрегулирован трос дроссельной заслонки
	Неисправен корпус клапана
	Неисправен соленоидный клапан
Замедленное или затянутое переключение: 1-2-я, 2-3-я или 3-я-повышающая	Разрегулирован трос переключения
	Неисправен корпус клапана
	Неисправность АКП
Нет блокировки на 2-й, 3-й и повышающей передачах	Неисправна система электронного управления
	Неисправен корпус клапана
	Неисправен соленоидный клапан
	Неисправность АКП
Резкое переключение с высших на низшие передачи	Разрегулирован трос дроссельной заслонки
	Неисправен трос дроссельной заслонки и кулачок
	Неисправны поршни накопителя
	Неисправен корпус клапана
	Неисправность АКП
При движении по инерции отсутствует переключение с высших на низшие передачи	Неисправен корпус клапана
	Неисправен соленоидный клапан
	Неисправна система электронного управления
Переключение с высших на низшие передачи происходит слишком поздно при движении по инерции	Неисправен трос дроссельной заслонки
	Неисправен корпус клапана
	Неисправен соленоидный клапан
	Неисправна система электронного управления
	Неисправность АКП
Нет переключения в режиме «Kick down» с передач: повышающая-3-я, 2-я, 1-я	Неисправен соленоидный клапан
	Неисправна система электронного управления
	Неисправен корпус клапана
	Неисправен трос дроссельной заслонки
Нет торможения двигателем в диапазоне «2» или «L»	Неисправен соленоидный клапан
	Неисправна система электронного управления
	Неисправен корпус клапана
	Неисправность АКП
Автомобиль не удерживается в диапазоне «P»	Разрегулирован трос переключения
	Неисправны защелка и пружина парковочной блокировки

## 2.4. Неисправности и дефекты сопряжений и сборки деталей, узлов и агрегатов

### 2.4.1. Виды дефектов и неисправностей сопряжений

Классификация основных форм проявления дефектов сопряжений представлена на рис. 2.3. [2]

**По признаку нарушения установленного взаимного расположения деталей** дефекты сопряжений проявляются в следующих формах:

- увеличение или уменьшение зазора или натяга, то есть отклонение от установленной характеристики посадки деталей;

- перекос деталей, который характеризуется несовпадением (несовмещением) осей деталей, а следовательно, непараллельностью соединенных посадочных поверхностей обоймы подшипника или сальника относительно посадочного гнезда (отверстия);

- смещение (сдвиг) деталей относительно установленного положения. Смещение деталей может произойти при первоначальной установке для соединения или при соединении деталей в процессе выполнения сборочных операций. Смещение деталей относительно установленного исходного положения может произойти в процессе испытания объекта;

- непараллельность или неперпендикулярность, сопряженных поверхностей деталей, обусловленная конструкторской документацией.



**Рис. 2.3. Схема классификации дефектов сопряжений**

**По признаку непрочности соединения** дефекты сопряжений проявляются в следующих формах:

- ослабление стягивающего детали усилия (например, ослабление усилия затяжки резьбового соединения);
- нарушение целостности соединяющего детали материала (например, клея или эпоксидной композиции, ослабление прочности заклепочного соединения).

**По признаку негерметичности соединения** дефекты сопряжения проявляются в следующих формах:

- неплотность примыкания сопряженных поверхностей деталей (например, внутренней поверхности резинового шланга к поверхности штуцера);
- неплоскостность сопряженных поверхностей;
- неровность сопряженных поверхностей.

При оценке работы соединения важную роль играет сочетание погрешностей собираемых деталей и погрешностей в виде упругих деформаций, возникающих в ходе сборки. Последние нередко могут превышать допустимые отклонения на изготовление деталей, в результате чего может быть обесценен труд, затраченный для достижения высокой точности. Так, например, для высокоточных валов, подаваемых на сборку, характерны отклонения от круглости шеек порядка 1 мкм, отклонения от цилиндричности 0,5-1 мкм, по размеру диаметров – 10 мкм. Отклонения от цилиндричности наружных поверхностей деталей типа гильз могут быть 2-3 мкм, а для отверстий под подшипники – 2 мкм. Биение посадочных отверстий относительно наружных поверхностей – 2-3 мкм, отклонение от соосности – около 3 мкм. Для корпусных деталей отклонение от параллельности осей главных отверстий и направляющих поверхностей около 3 мкм. Отклонение от прямолинейности и параллельности направляющих поверхностей на всей длине – не более 3 мкм.

Чтобы определить погрешности, которые могут возникнуть при сборке, до проведения сборочных операций с целью прогнозирования выходных параметров собранных изделий, сравнения погрешностей с допустимыми, регламентирования сил и моментов в ходе операций сборки, проводят соответствующие расчеты.

#### **2.4.2. Причины и источники появления дефектов и неисправностей при выполнении сборочных и регулировочных работ**

Нарушение правил сборки и применение несовершенных технологий и оборудования при производстве автомобилей являются причиной появления дефектов, трудно диагностируемых (контролируемых) в процессе изготовления и сборки деталей.

Проведение регулировочных работ, частичные разборки при диагностировании и текущем ремонте часто являются причиной появления неисправностей, нарушения исходных структурных и диагностических параметров.

Неисправности и дефекты сборочных механических, электрических, электронных и пневмогидравлических единиц (узлов, механизмов, агрегатов и систем) подразделяются с учетом форм их проявления.

К неисправностям и дефектам механической части сборочных единиц с учетом форм их проявления относятся:

### **1. Соединения с натягом, болтовых и винтовых:**

- ослабленное усилие соединений деталей, характеризующееся недостаточным усилием наворачивания гайки или закручивания шпильки (винта) и (или) самопроизвольным отворачиванием (выкручиванием);

- ослаблено усилие прилегания деталей, соединенных заклепками, штифтами, шпонками, следствием чего может быть биение или люфт в соединениях;

- несоответствие массы деталей установленным конструкторской документацией требованиям (например, соединительных болтов муфт или группы деталей, включающих поршень, палец и шатун), что может вызвать дисбаланс системы;

- несоответствие параметров посадки с требуемым зазором, обусловленное несоответствием величин размеров соединяемых деталей;

- несоответствие посадки с натягом, следствием которого может быть ослабление натяга, проворачивание детали, изменение собственных частот разделенных деталей;

- несоответствие установки (смещение) деталей или сборочных единиц, которое может привести к потере исходного первоначального положения установки (при сборке или при регулировке настройки), а также может произойти в процессе испытания сборочной единицы (например, неправильная установка распределителя зажигания);

- неплоскостность сопряженных поверхностей. Неплоскостность поверхностей может быть у деталей как до, так и после их соединения. Также плоскостность поверхностей может быть нарушена при соединении деталей в результате превышения стягивающего усилия, например, коробление посадочной плоскости корпуса карбюратора;

- завышения усилия посадки натяга соединяемых деталей, которое может привести к деформации деталей, например, кольца подшипника или венца шестерни;

- перекосы соединяемых деталей с натягом, что может нарушить требуемое (оптимальное) взаимное расположение деталей в узле, например, внутреннего кольца подшипника относительно наружного при посадке внутреннего кольца к перпендикулярному торцу вала;

- нарушение формы деталей и повышение локальных напряжений при их посадке с натягом на вал с овальностью, гранностью, например, кольца подшипника, что может привести к нарушению нормальной работы подшипника.

Такие дефекты в отдельности или вместе изменяют жесткость и расцентровку соединений, создают несимметричные нагрузки в сопряжениях деталей, изменяют собственные частоты деталей, узлов и агрегатов, нарушают расчетные параметры конструктивного демпфирования, вибрации,

податливости элементов, узлов и машины в целом, появление неучитываемых в проекте исходных значений параметров.

**2. К неисправностям и дефектам правил сборки,** комплектации и организации производства текущего ремонта относятся:

- некомплектность сборки, которая характеризуется тем, что в состав сборочной единицы при сборке включаются (соединяются) не все предусмотренные конструкторской документацией детали (например, не установлено стопорное кольцо обоймы подшипника, не установлено проставочное кольцо шестерни на вале коробки передач, на шпильке не закручена гайка и т. д.);

- наличие постороннего предмета в зоне функционирования деталей (например, наличие постороннего предмета в месте зацепления двух шестеренок и т. п.);

- неровность сопряженных поверхностей, которая обуславливается наличием на поверхностях неровностей (царапин, вмятин, впадин, забоин и т. д.).

- несоответствие характеристик упругого элемента, к которым могут относиться исходные высота или стрела прогиба упругого элемента, усилие сжатия до определенной линейной величины;

- перекос осей или плоскостей сборочных единиц, недопустимый по требованиям конструкторской документации, который может произойти в результате нарушения правил сборки;

- нарушение (несоответствие) параметров регулировки (например, смещение пятна контакта зубьев шестерен или изменение установки торменных колодок и т. п.);

- дисбаланс как характеристика технического состояния деталей и (или) сборочных единиц, вращающиеся части которых не уравновешены. Дисбаланс могут иметь различные валы, маховик в сборе со сцеплением и т.д.;

- поломка деталей. Этот дефект характеризуется нарушением целостности деталей сборочных единиц. Поломка деталей может быть с частичным нарушением целостности и временным сохранением их работоспособности (повреждение) или с полным нарушением целостности и утратой их работоспособности (отказ). Поломка деталей сборочных единиц может быть обусловлена как воздействием внутренних, так и внешних факторов в процессе сборки или испытания сборочных единиц;

- отслаивание (отставание) покрытия на детали сборочной единицы характеризуется разрывом связи покрытия с поверхностью детали, что обуславливает изменение характеристики сопряжения деталей, влияющее на функционирование сборочной единицы;

- заедание деталей как дефект сборочной единицы характеризуется нарушением возможности относительного перемещения детали (например, тяги переключения передач в коробке передач или синхронизатора переключения передач). Такой дефект порой называют заклиниванием деталей, однако нужно учитывать особенность этой формы проявления дефекта;

- заклинивание деталей характеризуется нарушением возможности вращательного движения двух деталей вследствие попадания в зону их контакта постороннего предмета. В отличие от формы проявления дефекта «наличие постороннего предмета», где предмет попадает в зону функционирования деталей по вине исполнителя работ по сборке деталей, дефект в форме заклинивания деталей происходит вследствие воздействия постороннего предмета, находящегося в рабочей среде и оказавшегося там не по вине, исполнителей сборочных работ;

- деформация деталей и сборочных единиц, характеризующаяся нарушением их форм и размерных параметров (например, погнутость вала, коробление ведущего диска сцепления);

- прихватывание (схватывание) поверхностей, которое происходит в результате их местного сваривания (спекания) под действием высоких температур (перегрев деталей) или давления, происходящих вследствие трения деталей, находящихся в настолько тесном контакте, что вступает в действие межмолекулярное сцепление. Примером такого дефекта является неразъемное соединение (прихватывание) трущихся поверхностей вала и скользящей втулки. Предшествующей стадией такого дефекта может быть обгорание трущихся поверхностей;

- обгорание поверхности – это дефект одной из деталей сборочной единицы, характеризующийся изменением свойств ее материала, сопровождаемое появлением цветов побежалости;

- отказ электрической части, который обуславливает прекращение функционирования обеспечиваемой ею электронной части сборочной единицы.

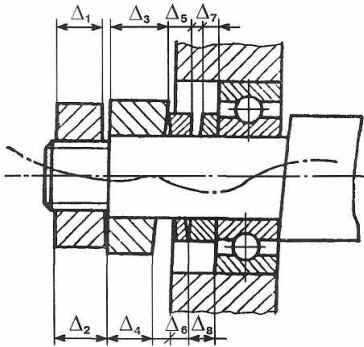
Самыми распространенными источниками появления неисправностей являются детали типа валов, крышек, фланцев и подшипниковых узлов.

**Детали типа валов.** В процессе сборки возможны изменения формы оси валов (рис. 2.4) [2]. Собираемые детали с непараллельными в пределах допуска торцами могут быть установлены по наиболее неблагоприятному варианту, когда максимальные (минимальные) размеры  $\Delta$  всех деталей (толщин) окажутся расположенными вдоль одной прямой. При затягивании гайки конец вала изогнется из-за накопленной погрешности, несмотря на то, что все собираемые детали являются годными.

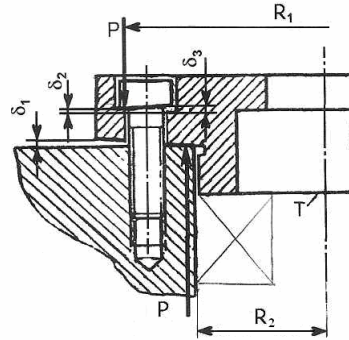
**Детали типа крышек и фланцев.** Сборочные неисправности (дефекты) определяются погрешностями сопрягаемых поверхностей сборочных деталей при осесимметричной нагрузке  $P$  для случаев, когда число винтов, закрепляющих крышку, достаточно велико. Погрешности изготовления  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  крепежа и крышки (рис. 2.5) приводят в процессе сборки к искажению опорной поверхности  $T$ , последняя поворачивается на некоторый угол и приводит к перекосу, например, кольца подшипника качения.

Несоосность валов агрегатов машин – источник дополнительных нагрузок на подшипники, повышения нагрева, изнашивания компенсирующих муфт и их вибрации. Независимо от того, установлены ли глухие соединительные муфты или муфты, компенсирующие смещение осей валов, перекося их осей или то и другое важно, чтобы несоосность не превышала опреде-

ленной величины, так как иначе даже компенсирующие муфты будут сильно изнашиваться.



**Рис. 2.4. Искривление оси вала при сборке деталей с непараллельными торцами**



**Рис. 2.5. Влияние погрешностей изготовления крышки и винта на образование перекосов в сопряжениях**

Нарушения сборки и монтажа приводят к изменению динамических характеристик системы, к возбуждению собственных частот деталей, узлов и агрегатов, к повышению вибрации. Повышение уровня вибрации создает дополнительные динамические нагрузки и способствуют ускоренному износу трущихся поверхностей, нарушению точности работы исполнительных механизмов, увеличению потерь на трение и, соответственно, понижению КПД, снижению ресурса, надежности и срока службы машин.

Диагностировать большинство дефектов сборки и монтажа весьма сложно, поскольку они взаимосвязаны, находятся в корреляционной зависимости. Самым эффективным методом диагностирования дефектов сборки и монтажа является спектральный анализ вибрации в третьоктавных и узких полосах в области частот, возбуждаемых конкретным дефектом (неисправностью).

**3. К дефектам пневматической или гидравлической частей относятся:**

- ослабление плотности прилегания поверхностей, обусловленное неровностями этих поверхностей (выпуклостями, вмятинами, забоинами и т. д.), а также нарушениями формы профиля поверхностей (пластическая деформация, коробление) и ослаблением крепления (усилие стягивания поверхностей);
- нарушение целостности прокладок, обусловленное их разрывом, разрушением, прогоранием и т. д.;
- нарушение целостности и несоответствие свойств материала уплотнений (например, высокая твердость резиновой кромки сальника или уплотнительного кольца);
- нарушение целостности корпусных деталей (например, картера механической коробки) и деталей-емкостей для хранения рабочей жидкости;

- применение уплотнительных материалов и прокладок с несоответствующими свойствами по упругости, температуре, химической и агрессивной стойкости и др.

При сборке машин возникают погрешности взаимного положения их элементов, некачественные сопряжения и деформации соединяемых деталей. Эти погрешности ухудшают функциональные характеристики машин. От качества сборки зависит надежность работы выпускаемых машин по показателям безотказности и долговечности. Отказы и снижение долговечности вызываются некачественным выполнением:

- соединений, регулировочных и пригоночных работ;
- ослаблением крепежных деталей;
- нарушением регулировки в процессе работы;
- некачественной очисткой сопрягаемых деталей и другими причинами.

## **2.5. Характер повреждений и отказов подшипниковых узлов качения агрегатов**

### **2.5.1. Виды эксплуатационных неисправностей**

Подшипниковые узлы качения определяют конструктивно-технологическое совершенство, надежность, долговечность, скорость, производительность и область применения многих транспортных машин. Неисправности (дефекты) подшипников качения – это наиболее общая причина небольших аварий машин. [2]

Ресурс подшипников качения зависит от многих причин, но наиболее часто повреждения подшипников качения происходят из-за следующих конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов:

- технология изготовления и сборки подшипников и подшипниковых узлов;
- начальный радиальный зазор;
- размеры и тип подшипника;
- диаметр, форма и количество тел качения;
- класс точности изготовления;
- конструкция и материал колец и сепаратора;
- характер и качество смазки;
- нагрузка (величина контактных напряжений) и частота вращения;
- конструктивные особенности посадок подшипника на вал и в корпус;
- режимы работы подшипникового узла.

Поэтому ресурс одних и тех же подшипников в однотипных машинах существенно отличается.

Основными видами эксплуатационных повреждений подшипников качения являются:

- износ колец и тел качения;
- образование вмятин на рабочих поверхностях (бриннелирование);
- разрушение колец и тел качения;

- разрушение сепараторов;
- коррозия;
- эрозия;
- заедание;
- контактная усталость.

Эти повреждения могут вызывать многообразные отказы, которые требуют в большинстве случаев прекращения эксплуатации машины или ее узлов и их переборки и доработки (на стадии проектирования).

Анализ большого количества выбракованных при ремонте подшипников качения показал, что, несмотря на все многообразие неисправностей по внешнему проявлению, основными выбраковочными признаками (в процентах) являются:

- увеличение зазора сверх предельного (65-75);
- нарушение плотности посадки (17-21);
- макроскопическое повреждение рабочих поверхностей дорожек и тел качения (4-11);
- поломка деталей подшипников (5-9).

Особенностью изменения технического состояния подшипниковых узлов качения транспортных машин в отличие от целого ряда легковых машин является малое количество подшипников, выбракованных из-за усталостного выкрашивания.

Это объясняется, прежде всего, недостаточным уровнем конструктивно-технологического совершенства подшипниковых узлов, что приводит к увеличению динамических нагрузок и высокому уровню вибрации.

Бринеллирование, проявляющееся в появлении вмятин с шагом, который равняется шагу тел качения, – это следствие кратковременных избыточных ударных влияний, часто во время монтажа.

Бринеллирование возникает при оттоке смазки с поверхностей тел качения и беговых дорожек подшипников неработающей машины вследствие механических колебаний, которые передаются от работающих механизмов.

Погрешности монтажа – ослабление посадки подшипника, овальность посадочной поверхности, удары по подшипнику, перекос валов – проявляются в виде следов проворачивания колец подшипника, сколов и трещин, следов фреттинг-коррозии, сдвига следов износа.

Нарушения при эксплуатации – чрезмерные нагрузки, повреждение уплотнений, влияние окружающей среды, прохождение электрического тока – проявляются в виде абразивного, осповидного износа, коррозии, вмятин. При прохождении электрического тока через шарикоподшипник на беговых дорожках появляются точки, расположенные цепочкой, у роликоподшипника – полосы, параллельные оси вращения.

Повреждение сепаратора – наиболее серьезный вид повреждений. При повреждениях сепаратора возможны также повреждения других деталей вследствие вибрации, износа, заклинивания и перекосов. Эти повреждения проявляются в виде износа и разрушения элементов сепаратора.

Основные принципы классификации, которые включают основные этапы существования механизма, а также стадии развития повреждений, приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

**Характер разрушения подшипников качения**

Этапы существования механизма	Стадии развития повреждений		
	начальная	промежуточная	заключительная
Изготовление	Следы фреттинга	Выкрашивание из-за фреттинга	Трещины из-за фреттинг-коррозии
	Овальность корпусных деталей	Заусенцы на беговых дорожках	Разрушение сепаратора
Монтаж	Монтажные повреждения	Зарождение трещин в кольцах	Трещины и отколы колец
	Деформация сепаратора	Изнашивание сепаратора	Разрушение сепаратора
	Перекас вала	Неравномерное изнашивание деталей	Повреждение тел качения, беговых дорожек
Эксплуатация	Бринеллирование	Изнашивание в результате вибрации	Выкрашивание и раковины на дорожке качения
	Заусенцы из-за проскальзывания роликов	Выкрашивание из-за заусенцев	Трещины из-за заусенцев
	Недостаточное смазывание	Проявление цветов побежалости	Заклинивание

При осмотре подшипников главным является умение построить причинно-следственную цепочку того, что произошло.

Излом кольца подшипника поперек желоба наблюдается редко и происходит в результате неправильного монтажа подшипника.

Увеличение нагрузки приводит к выкрашиванию, отколов бортов, трещин на телах качения и кольцах.

Для подшипниковых узлов повышенного уровня конструктивно-технологического совершенства характер повреждения подшипников качения изменяется. Из выходящих из строя порядка 1% подшипников, не обеспечивших расчетный срок службы, 33% выходят из строя по причине контактной усталости, 26% - из-за непригодной смазки, 10% - из-за недостаточной смазки, 14% - из-за загрязнений, 4% - из-за попадания воды и коррозии; 8% - по причине перегрузки, превышения допустимой частоты вращения, неверного выбора подшипников; 2% - по причине повреждения сопряженных деталей; 2% - по причине некачественного монтажа, 1% - по причине дефектов материала подшипников. Дерево отказов подшипников качения, построенное на основании этих данных, представлено на рис. 2.6 [2]. Анализ построенного дерева отказов свидетельствует, что одной из основных причин преждевременного выхода подшипников качения из строя являются неудовлетворительные условия смазки или ее загрязнение твердыми

частицами. Фактическая долговечность подшипников качения в зависимости от изменения условий смазки и применяемых материалов для изготовления деталей подшипников может изменяться в 20 раз.



Рис. 2.6. Дерево отказов подшипников качения

**2.5.2. Неисправности и дефекты сборки подшипниковых валов**

Существенное влияние на долговечность подшипников оказывает также конструкция подшипникового узла. Недостаточная жесткость корпуса и валов, приводящая к относительным перекосам колец подшипников, существенно снижает их эксплуатационную долговечность. К аналогичным результатам приводит и неправильная сборка подшипникового узла с избыточным или недостаточным предварительным натягом.

Технология сборки механизмов и машин должна, прежде всего, исключать ошибки в сборке подшипниковых узлов. Необходимо соблюдать основные приемы их монтажа:

- не следует применять способы, при которых усилие напрессовки может передаваться на тела качения;
- усилие при запрессовке прикладывать только к тому кольцу, которое устанавливается на посадочное место с натягом;
- при одновременной установке подшипника на вал и в корпус усилие напрессовки передается через оба кольца;
- нельзя наносить удары непосредственно по кольцам подшипника;
- для установки подшипников следует применять специальные приспособления и оправки, исключая перекосы колец и повреждения.

Основными причинами перекосов колец подшипников относительно оси вращения являются: изгиб вала, биение торцевых посадочных поверхностей валов и корпусов, крышек, перекосы колец в зазоре посадки крышками (см. рис. 2.4).

Дефекты сборки подшипниковых узлов иллюстрируются рис. 2.4, 2.5. Погрешности формы всех соединяемых деталей подшипниковых узлов приводят к перекосам колец подшипников, нарушениям формы колец, гранности посадочных поверхностей. Нормальная работа подшипника нарушается уже при взаимном перекосе колец радиальных однорядных подшипников на угол более  $0,03'$  ( $87 \cdot 10$  рад), который может быть принят за предельное значение. Например, наличие зазора 40 мм между наружным кольцом и корпусом, например, для подшипника № 313 может привести к перекосу наружного кольца подшипника на угол более  $0,04'$ , что превышает предельно допустимые значения.

Допустимый угол перекоса колец относительно оси вращения уменьшается примерно в полтора-два раза с повышением точности подшипника на один класс. [2]

Установка подшипника на вал с натягом исключает проворачивание внутреннего кольца подшипника на валу, повышает жесткость подшипникового узла. Величина натяга оказывает влияние на спектр собственных частот подшипникового узла и демпфирующие свойства сопряжения «подшипник-вал». Для высокоточных (малошумных) подшипников оптимальной посадкой на вал является величина 10-15 мкм. [2] При таких натягах кольца копируют дефекты посадочных мест. Оптимальные «натяги-зазоры» в подшипниковых узлах определяются конкретными условиями работы подшипника в узле: перекосами, несоосностью, размером и формой посадочных поверхностей и т. п.

Самыми информативными методами контроля качества сборки подшипниковых узлов являются измерение момента сопротивления вращения и уровней вибрации. Методом доводки подшипникового узла является регулирование усилия осевого натяга подшипников в опорах упругими элементами, различными конструкциями пружин.

Максимальное снижение уровней вибрации подшипниковых узлов, возбуждаемых периодическим изменением жесткости подшипника от перекатывания тел качения и их разноразмерностью, достигается при диаметральном зазоре посадки в корпус 20-23 мкм, а для других источников вибрации – при зазоре посадки 35-40 мкм. С ужесточением требований к соосности и геометрии посадочных мест под подшипники оптимальный зазор «подшипник-корпус» должен быть уменьшен. Это объясняется снижением возможности перекоса наружного кольца подшипника в корпусе.

Разброс средних квадратических отклонений уровней вибрации до 3 дБ следует считать нормальным явлением для большого класса машин. При разбросе свыше 4 дБ необходимо принимать меры по контролю технологии изготовления, локализации деталей, требующих изменения допусков на обработку, качества применяемых материалов, сборки деталей узлов и машины в целом.

Сборка механизмов и узлов трансмиссии является заключительным технологическим процессом, при котором детали и сборочные узлы соединяются в комплектные изделия. От качественного выполнения всех операций сборки во многом зависит виброактивность и надежность машин. Каче-

ство сборки зависит от разработанной технологии и конструктивной технологичности механизма и машины. Рассмотрим эти качества на примерах сборки подшипниковых узлов и машины.

### **2.5.3. Неисправности, проявляющиеся при регулировании натяга подшипников в подшипниковых опорах**

Предварительный натяг подшипников повышает жесткость подшипникового узла, создает условия для нормальной работы подшипников. Известно, что правильно выбранная величина усилия предварительного натяга подшипников в опорах механизма обеспечивает равномерное прилегание шариков к беговым дорожкам, предупреждает проскальзывание и вращение шариков под действием гироскопического момента, уменьшает износ подшипников качения, повышает надежность и долговечность подшипников. Чрезмерный натяг столько же опасен, как и недостаточный, так как вызывает защемление шариков, перегрузку подшипников качения и повышенное тепловыделение.

Вследствие технологического разброса размеров деталей подшипникового узла, оптимальная величина усилия предварительного натяга подшипников для каждого конкретного подшипникового узла имеет разные значения.

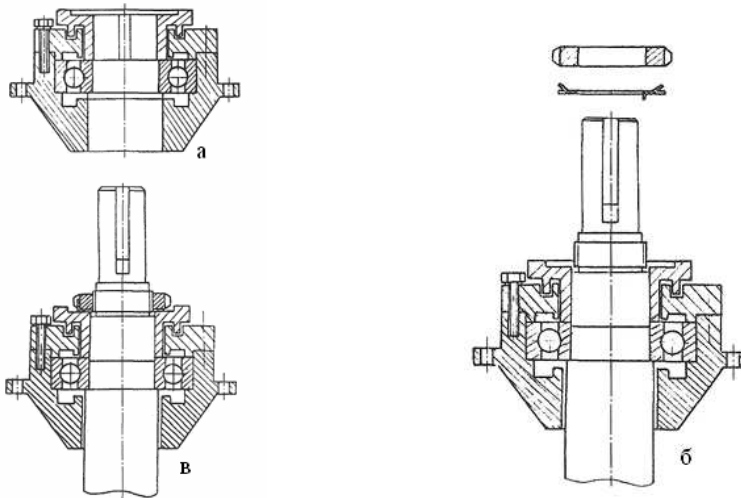
Для определения оптимальной величины усилия натяга (по спектру вибрации) рекомендуется при регулировочных (доводочных) работах использовать прокладки или устройства для плавного регулирования и изменения усилия осевого поджатия с жесткой фиксацией положения деталей системы после того, как оптимальный натяг найден. [3]

При введении осевого натяга изменяются условия «заделки» опор. В зависимости от величины давления, создаваемого пружиной или установкой прокладки происходит изменение статической жесткости ротора и, как следствие, изменение частоты собственных колебаний на 20-30%. Это обстоятельство следует иметь в виду при расчете виброактивности машин, поскольку изменение жесткости за счет усилия предварительного натяга подшипников в опорах может привести к появлению резонансов ротора. Следует избегать завышения усилия предварительного натяга подшипников при отстройке собственных частот системы вала, ротора, поскольку усилие натяга влияет на долговечность подшипника.

Широко применяемая поддетальная сборка подшипникового узла на шейке вала не обеспечивает плотного прилегания внутреннего кольца подшипника к заплечикам шейки, сопряжена с внесением при сборке ошибок. Рекомендуется предварительно собирать детали подшипникового узла в единый узел и нагретый до заданной температуры (до 100 °С) узел с подшипником устанавливать на шейку вала в вертикальном положении вала (рис. 2.7). Подшипники перед монтажом смазываются или, при назначении пластичной смазки, заполняются смазкой не более 2/3 объема полости подшипника и крышки.

Основная мера уменьшения вибрации и шума машин – обеспечение высокой точности их изготовления и конструктивной технологичности сборки. В первую очередь, это увеличение точности кинематической цепи вращающихся деталей, устранение монтажных дефектов.

Изготовление и сборка машин с двух независимо собираемых и контролируемых узлов, например, главной передачи моста.



**Рис. 2.7. Сборка подшипникового узла из предварительно собранного подшипника:**

а – сборка подшипника в капсуле; б – установка подшипника в сборе с капсулом на шейку вала; в – крепление на валу

#### **2.5.4. Определение возможности повторного использования подшипников качения после демонтажа**

Известно, что демонтаж подшипников качения с вала рекомендуется проводить за внутреннее (вращающееся) кольцо, однако некоторые конструкции подшипниковых узлов машин исключают такую возможность. Демонтаж подшипников с вала за наружное кольцо в большинстве случаев приводит к непригодности подшипника.

Задача повторного использования подшипников при ремонтах остается весьма актуальной. При дефектации подшипников на практике недостаточно ограничиваться методами визуального осмотра и определением радиального зазора подшипника. Необходима проверка вибрационных характеристик подшипников.

Величина допустимого натяга подшипника на вал, не оказывающая влияния на исходные параметры подшипника при демонтаже за наружное кольцо составляет 10 мкм.

Подшипники, не наработавшие к моменту ремонта машины указанного в технических условиях срока и/или имеющие хорошие результаты про-

верки вибрации работающей машины и температуры подшипникового узла, допускаются к дальнейшей эксплуатации в пределах остаточного ресурса. Дефектацию таких подшипников следует производить в собранном узле или машине (без демонтажа с вала).

В случае, когда нет данных об уровнях вибрации подшипниковых узлов, дефектация подшипников при невыбранном ресурсе подшипника можно (как исключение) производить по допустимому радиальному зазору. Приспособления и приборы для контроля зазоров приведены в справочниках по подшипникам качения.

Подшипники подлежат замене при наличии хотя бы одного из следующих повреждений:

- трещины на наружном или внутреннем кольце;
- разрыв сепаратора или заклепки сепаратора;
- повреждение тел качения;
- волнистость и выбоины на дорожках качения.

Такую дефектацию должен выполнять высококвалифицированный специалист, знающий виды повреждений подшипников качения и методы их диагностирования.

Применение демонтированных подшипников допускается в случае их съема с вала за внутреннее (вращающееся кольцо) без передачи усилий через тела качения с последующей проверкой на допустимую вибрацию. При этом не допускается наличие дефектов на подшипнике. При проверке подшипника после демонтажа размер внутреннего посадочного диаметра должен находиться в пределах допуска по стандарту ГОСТ 520-89. Демонтаж подшипников за наружное кольцо допускается при натягах подшипника на вал не более 10 мкм на диаметре 50 мм при равномерном приложении усилия съема по всем телам качения. Повторное использование в ответственных узлах машин демонтированных подшипников на вал с натягом больше 10 мкм необходимо обосновать контролем вибрации на соответствие требованиям класса точности (ГОСТ 520-71) и допустимой вибрации.

## **2.6. Причины появления дефектов и неисправностей, вызванных нарушениями крепления деталей винтами, болтами и шпильками**

**Методика и порядок резьбовых соединений.** Затягивание большей части резьбовых соединений следует производить с усилиями, определяемыми требованиями технической документации. Под усилием затягивания крепежа следует понимать прикладываемый к нему крутящий момент. Затягивание с чрезмерным усилием может привести к нарушению целостности крепежа, тогда как его недотягивание ведет к ненадежности сочленения сопрягаемых компонентов. Болты, винты и шпильки в зависимости от материала, из которого они изготовлены, и диаметра резьбовой части обычно имеют совершенно определенные допустимые усилия затягивания. Необходимо строго придерживаться приведенных рекомендаций по усилиям затягивания применяемого на автомобиле крепежа. Если нормы затягивания

крепежа не упомянуты в технической документации, можно воспользоваться приведенными значениями допустимых крутящих моментов (табл. 2.6). Приведенные в табл. 2.6 значения ориентированы на крепеж классов прочности 2 и 3 (крепеж более высокого класса допускает затягивание с большим усилием), кроме того, подразумевается, что производится затягивание сухого (с несмазанной резьбой) крепежа, ввернутого в стальную или литую (не алюминиевую) деталь.

Таблица 2.6

### Усилие затягивания резьбовых соединений

Размеры резьб	Усилие затяжки, Н·м	Размеры резьб	Усилие затяжки, Н·м
<b>Размеры метрических резьб</b>		<b>Размеры резьб стандарта SAE/USS</b>	
M6	9-12	1/4-20	9-12
M8	19-28	5/16-18	17-24
M10	38-54	5/16-24	19-27
M12	68-96	3/8-16	30-43
M14	109-154	3/8-24	37-51
<b>Размеры трубных резьб</b>		7/16-24	55-74
1/8	7-10	1/2-13	55-81
1/4	17-24		75-108
3/8	30-44		
1/2	34-47		

Расположенный по периметру какого-либо компонента крепеж (такой, как болты поддона картера и различных крышек) во избежание деформации детали должен отпускаться и затягиваться в строго определенном порядке, предписанном технической документацией (табл. 2.7). Если специальный порядок не оговорен, то во избежание искривления компонента, следует придерживаться приведенным далее рекомендациям.

Таблица 2.7

### Усилие затягивания резьбовых соединений автомобилей

Агрегаты, узлы и элементы	Усилие затяжки, Н·м
<b>Автоматическая трансмиссия</b>	
Датчик температуры ATF	15
Стопорное кольцо к корпусу клапана	10
Сливная пробка ATF	20
Болты крепления поддона к корпусу АТ	74
Болт крепления датчика-выключателя разрешения запуска	13
Датчик-выключатель разрешения запуска к рычагу управления АТ	13
Гайка датчика-выключателя разрешения запуска	4
Основание датчика VSS к корпусу АТ	16
Корпус датчика VSS к корпусу АТ	5,4
Болты крепления АТ к двигателю	72
Крепеж трубок маслоохладителя к корпусу АТ	32

Продолжение табл. 2.7

Агрегаты, узлы и элементы	Усилие за- тягижи, Н·м
Кронштейн защелки положения Р к корпусу АТ	7,4
Корпус электромагнитного клапана	11
Гайка крепления тяги переключения к рычагу селектора	13
Болты крепления корпуса клапанной сборки	10
<b>Раздаточная коробка. Тип HF2A(V)</b>	
Гайки соединительных фланцев (переднего и заднего)	106
Болты крепления защитного кожуха раздаточной коробки к поперечной балке	28
Болты крепления раздаточной коробки к АТ	69
Болты крепления поперечной балки	50
Гайки крепления поперечной балки	74
Заливная и сливная пробки	37
Крепеж переднего и заднего корпуса и их крышек	37
Задний корпус к креплению	39
Фиксатор рычага управления раздаточной коробкой	12
Электромотор исполнительного устройства к переднему корпусу	18
Резьбовая пробка к переднему корпусу	19
Резьбовая пробка к заднему корпусу	29
Приводная шестерня датчика скорости (VSS)	11
Датчики режимов раздаточной коробки	37
Узел штока управления к рычагу	14
Сетка маслозаборника к заднему корпусу	4,9
Маслозаборник к переднему корпусу	12
Пластина основания масляного насоса	43
Крышка масляного насоса	4,9
<b>Карданные валы</b>	
Фланцевые болты/гайки:	
Передний вал	74
Задний вал	88
Крепеж пылезащитных крышек вала.	
Нижняя крышка:	
Болты	17
Гайки	13
Верхняя крышка (в зависимости от расположения по инструкции)	23-36
<b>Приводные валы и полуоси трансмиссии</b>	
Регулировочная гайка преднатяга подшипника ступицы	
1-й этап	59
2-й этап (после проворачивания ступицы)	59
3-й этап	Ослабить до возможности вращения рукой
4-й этап	5
Гайка фланца переднего дифференциала	196
Гайка фланца заднего дифференциала	245
Усилие затягивания гайки фланца дифференциала за один подход	13

Агрегаты, узлы и элементы	Усилие затяжки, Н·м
Максимальное усилие затягивания гайки фланца переднего дифференциала	343
Максимальное усилие затягивания гайки фланца заднего дифференциала	441
Гайки крепления переднего дифференциала	25-27
Болты крепления заднего дифференциала	73
Болт крепления датчика ABS	18
Хомуты крепления проводки датчика ABS	8
Колесные гайки	131
Гайки крепления корпуса ступицы	31
Гайка подшипника ступицы	274
Гайка крепления крышки ступицы	10
Болты крепления защитного кожуха к поворотному кулаку	18
Тормозной диск к ступице	64
Гибкий шланг к суппорту тормозного механизма	30
Виброизолятор к раме	25
Виброизолятор к нижнему рычагу подвески	39
Кронштейн стабилизатора к раме	29

На первой стадии все болты (гайки) должны быть затянуты от руки. Далее каждый из элементов крепежа по очереди дотягивается еще на один полный оборот, причем переход от одного болта (гайки) к другому должен осуществляться в диагональном порядке (крест-накрест). Далее, вернувшись к первому элементу, следует повторить процедуру в том же порядке, затягивая крепеж еще на пол-оборота. Выполнение процедуры необходимо продолжать, дотягивая каждый элемент теперь уже на четверть оборота за один подход до тех пор, пока все они не окажутся затянутыми с требуемым усилием. При разборке крепежа следует действовать в аналогичной манере, но в обратном порядке.

**В процессе эксплуатации** требуется производить регулировку многих механизмов, регулировку осевого натяга подшипников качения в опорах, зазоров в зубчатых конических передачах, величины момента окончательной затяжки винтов (болтов), крепления крышек, фланцев, корпусов подшипников распределительного вала и других сопряжений.

Контроль затяжки производится по углу поворота гайки. После того как гайка при ее наворачивании войдет в соприкосновение со стягиваемой деталью, дальнейшее ее навинчивание будет сопровождаться деформацией удлинения болта (шпильки) и деформацией сжатия стягиваемых деталей. Гайки в этом случае затягивают обычными ключами, а угол поворота гайки измеряют с помощью стрелки, укрепленной на ключе, и лимба, который устанавливают неподвижно на одну из стягиваемых деталей.

При сборке в определенной последовательности, исключаяющей перекося деталей, затягивают все гайки данного соединения, и детали таким образом «осаживаются». Такую затяжку рекомендуется произвести два-три раза для смятия неровностей. Затем гайки отвертывают и вновь наворачива-

ют до соприкосновения с деталью, считая это положение нулевым при отсчете угла поворота. Гайки с помощью ключа поворачивают на требуемый угол.

Усилие затяжки гаек контролируется динамометрическими ключами. Необходимый крутящий момент затяжки можно обеспечивать с помощью зубчатой магнитной и шариковой муфты.

При закреплении крышек шпильками и в случаях, когда силы в резьбах корпусных деталей отсутствуют, радиальные перемещения стенок цилиндрических отверстий возникают из-за неравномерных сжатий корпусов по плоскостям прилегания крышек. Неравномерность затяжки, особенно при наличии нарушений геометрии и формы соединяемых деталей, приводит к перекосам (см. рис. 2.5). Забоины винтов и резьб приводят к выпучиванию посадочных поверхностей под подшипники, плунжерные пары и других деталей.

**Разборка компонентов.** Разборка всех компонентов должна осуществляться так, чтобы при монтаже каждая деталь могла быть установлена на свое прежнее место и правильным образом. Необходимо запоминать характерные внешние особенности узла в сборе, в случае необходимости, производить посадочную маркировку деталей, установка которых на место может быть выполнена неоднозначным образом. Хорошим способом является размещение снятых деталей на чистой рабочей поверхности в том порядке, в каком производилось их снятие. Полезным окажется также составление простейших схематических зарисовок или пошаговое фотографирование разбираемого компонента.

При разборке крепежа старайтесь производить маркировку его первоначального положения на сборке. Часто установка крепежа и шайб на прежнее место сразу после снятия соответствующей детали позволяет избежать путаницы при сборке. При отсутствии такой возможности весь крепеж следует складывать в специально подготовленный для этой цели разбитый на секции и соответствующим образом промаркированный ящик или просто по отдельным промаркированным коробочкам. Такой подход оказывается особенно полезным при работе с компонентами, состоящими из множества мелких деталей таких, как карбюратор, генератор, клапанный механизм, панель приборов или элементы декоративной обивки салона. При отсоединении электрических контактов и разъёмов следует уделять внимание маркировке проводов или жгутов с помощью скотча с нанесенным на него цифровым или буквенным кодом.

## **2.7. Неисправности и повреждения зубчатых передач агрегатов**

### **2.7.1. Виды и причины дефектов и неисправностей**

**Повреждения зубчатых передач** зависят от:

- погрешности технологии изготовления (размеров, шага, формы и класса точности) зубчатых передач;
- окружной скорости колес;

- нагрузки, передаваемой зубчатой парой;
- условий смазки;
- инерционно-жесткостных характеристик коробки передач (редуктора);

- погрешностей монтажа зубчатых колес, вызванных перекосом осей, несоосностью валов, неправильно установленным боковым зазором и т. д.

При преобразовании движения путем взаимного перекатывания зубчатых передач со скольжением сопряженных поверхностей зубьев возникают кинематические погрешности, зависящие от неточности изготовления каждого колеса.

Условия эксплуатации зубчатых передач весьма разнообразны. Передачи эксплуатируются в различных средах, включая агрессивные. Смазка передач может осуществляться как разбрызгиванием, так и принудительной подачей от насоса. Рабочая температура передач, даже не учитывая экстремальные условия, может изменяться в пределах от  $-70$  до  $+70$  °С, передаваемый крутящий момент – от нуля до нескольких тысяч килограмм-метров, окружная скорость – от нуля до нескольких сотен метров в секунду. Передачи работают как при постоянной, так и при переменной нагрузке, включая импульсные и знакопеременные. Естественно, что такое разнообразие условий эксплуатации сопровождается довольно значительным разнообразием видов эксплуатационных повреждений зубчатых передач. Несмотря на все разнообразие, проявления повреждений зубчатых колес можно классифицировать в соответствии со стандартами ISO 10825, ANSI/AGMA, 1010-E95, DIN 3979 по следующим основным группам:

- изнашивание;
- коррозия;
- эрозия;
- заедание;
- пластическая деформация;
- контактная усталость;
- образование трещин;
- излом зубьев;
- изгибная усталость.

Классификация основных видов повреждений приведена в табл. 2.8.

Подробное описание видов повреждений и степень их развития описаны в работе [2].

Хотя в эксплуатации зубчатых передач различных типов могут наблюдаться все указанные виды повреждений, наиболее характерными видами повреждений зубьев зубчатых колес являются:

- излом зубьев от перегрузки;
- пластическая деформация рабочих поверхностей при перегрузке;
- контактная усталость поверхностей зубьев;
- изгибная усталость зубьев.

## Основные виды повреждений зубчатых колес

Класс	Вид	Степень развития
Изнашивание	Адгезионное	Начальное
		Умеренное
		Интенсивное
	Механическое	Начальное
		Умеренное
		Интенсивное
		В период пуска под нагрузкой
	Абразивное (в среде, засоренной абразивом)	При взаимном внедрении профилей зубьев
		Начальное
Умеренное		
Коррозия	Химическое изнашивание	Интенсивное
		Чешуйчатость
	Окисление при перегреве	
Эрозия	Фреттинг	
	Кавитационная	
	Гидравлическая	
	Газовая	
	Гидроабразивная	
	Радиационная	
Заедание	Царапины, вмятины. Шероховатость. Деформированные зоны	Начальное
		Умеренное
		Интенсивное
Пластическая деформация	Внедрение, вызванное попаданием в зацепление посторонних предметов	
	Холодная	
	Горячая	
	Рябь	
	Образование гребней и вмятин	
	Образование заусенцев	
	Интерференция ножек и головок зубьев	
Контактная усталость	Микровыкрашивание	Выкрашивание при граничной смазке
	Поверхностное выкрашивание	Начальное
		Умеренное
		Интенсивное
	Глубинное выкрашивание	Шелушение
Отслаивание		

Класс	Вид	Степень развития
Образование трещин	Закалочные трещины	По границам зерен
	Шлифовочные трещины	Локальный перегрев, глубина трещин 0,01-0,13 мм
	Растрескивание цементационного слоя	
	Трещины обода и диска колеса	Недостаточная толщина
	Усталостные трещины	Развиваются постепенно
Излом зуба	Излом при перегрузке	Хрупкий излом
		Вязкий излом
		Полувязкий излом
	Срез зуба	Возникает при однократной значительной перегрузке
	Поломка после пластической деформации	Появляется на всех зубьях одновременно при высоких нагрузках, превышение предела текучести материала или при высоких температурах
Изгибная усталость	Малоцикловая усталость	Зарождение трещины, распространение и поломка зуба в пределах от 1000 до 10000 циклов нагружения
	Многоцикловая усталость	Поломка по выкружке зуба при нагружении свыше 10000 циклов
		Излом по рабочему профилю
		Излом торцов зубьев

В ряде специфических применений зубчатых колес, особенно при неудовлетворительной смазке последних, наблюдается развитие заедания.

По литературным данным, наиболее характерными видами повреждений, приводящих к выходу из строя зубчатых передач трансмиссий самоходных машин, являются:

- усталостное выкрашивание рабочих поверхностей 40%;
- усталостный излом зубьев 25%;
- мгновенные поломки от перегрузок 15%;
- износ и другие виды повреждений 20%.

Хотя на практике при эксплуатации зубчатых передач наблюдается, как правило, одновременное развитие нескольких видов повреждений, приведенная классификация и краткое описание основных видов повреждений позволяют воссоздать картину развития повреждений зубчатых колес и выявить определяющие факторы.

Признаками неисправностей приводного моста могут быть: повышенные вибрации, шум, нагрев, люфт и увеличение механических потерь из-за износа или поломки зубьев шестерен, износа подшипников и их посадочных мест, ослабления креплений и разрегулировки зацепления зубчатых пар.

## 2.7.2. Неисправности главной и карданной передач

### **Неисправности главной передачи:**

- превышение допустимого бокового зазора между зубьями из-за износа зубьев, неправильной сборки или разрегулировки;
- превышение допустимого радиального или осевого зазора в подшипниках опор валов шестерен из-за износа или ослабления креплений крышек;
- течь смазочного материала через манжеты из-за износа манжеты, ступицы фланца или затвердевания рабочей кромки манжеты (старение);
- повышенный шум при работе главной передачи из-за износа или разрушения деталей подшипника, увеличения бокового зазора между зубьями шестерен главной передачи;
- стук в трансмиссии при перемене режима работы из-за износа шестерен дифференциала, увеличенного зазора в защемлении шестерен главной передачи, перебоев в работе двигателя.

Почти все неисправности главной передачи могут быть выявлены при движении автомобиля следующим образом:

1. На прямой передаче - «внатяг», когда зубья шестерен главной передачи работают с полной нагрузкой при движении автомобиля вперед (по переднему ходу).
2. Накатом с выключенной коробкой передач, когда шестерни главной передачи могут работать на переднем и заднем ходу с минимальной нагрузкой.
3. Накатом с торможением двигателя, когда зубья шестерен главной передачи работают на заднем ходу с повышенной нагрузкой.

### **Неисправности карданной передачи:**

- биение вала, изнашивание его шлицевого соединения и шарниров крестовин, (щелчки при трогании автомобиля о места, высокий уровень шума и вибрации во время движения особенно «накатом»);
- изнашивание шарниров равных угловых скоростей у автомобилей с передним приводом.

Основными высокоизносными элементами агрегатов трансмиссии являются детали подшипниковых узлов и зубчатых передач. Дефекты изготовления и износы подшипников, зубчатых передач, шлицевых соединений и других кинематических пар трансмиссий приводят к увеличению зазоров в парах трения, что усиливает динамические силы взаимодействия деталей, приобретающего во многих случаях ударный характер, и обогащение спектра колебания шумовыми и импульсными составляющими. Значительный износ может изменить и жесткостные характеристики деталей, что влияет на частоты собственных колебаний, формы колебаний деталей, уровни вибрации отдельных узлов и агрегатов.

### **2.7.3. Причины и источники появления дефектов и неисправностей зубчатых передач при сборке и проведении регулировочных работ**

При построении маршрута сборки агрегатов с зубчатыми передачами следует соблюдать принцип постоянства баз: на всех операциях сборки в качестве технологических баз использовать одни и те же поверхности базовой детали изделия. Выполнение этого принципа особенно важно при сборке на автоматических линиях, где каждое изменение положения собираемого объекта влечет за собой введение дополнительных устройств линии (поворотных устройств, кантователей), а также нарушает однотипность конструкции приспособлений. Технологическая база должна обеспечивать достаточную устойчивость и жесткость установки собираемого изделия, что достигается соответствующими размерами и качеством базовых поверхностей, а также их взаимным расположением. При выборе технологических баз необходимо обеспечить требуемую ориентацию изделия в приспособлении.

При сборке зубчатых передач производят контроль отклонений формы, размеров и расположения сопрягаемых поверхностей зубчатых колес, валов и корпусов редукторов; контроль установки зубчатых и червячных колес на валах; контроль установки валов в сборе с колесами в корпус; регулирование зацепления; контроль, обкатку и испытания собранного механизма.

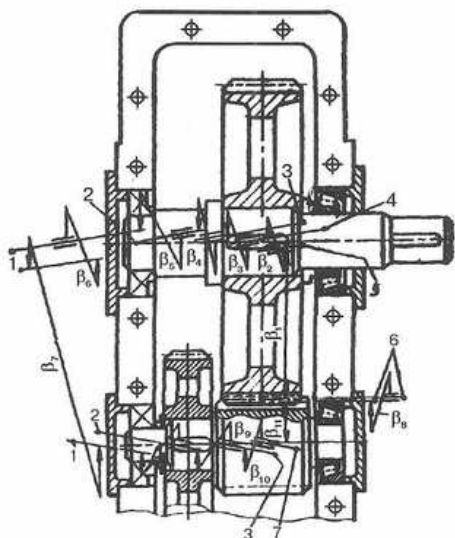
Требования к точности изготовления и сборки цилиндрических зубчатых передач изложены в ГОСТ 1643-81, зубчатых реечных – в ГОСТ 10242-81, конических зубчатых и гипоидных – в СТ СЭВ 186-75, червячных цилиндрических – в СТ СЭВ 311-76, червячных силовых глобоидных – в ГОСТ 16502-70. Точность сборки мелко модульных передач (с модулем до 1 мм) регламентируется: зубчатых реечных – ГОСТ 13506-81, конических – ГОСТ 9368-81, червячных – ГОСТ 9774-81. Общие технические условия на контроль и испытания редукторов общего назначения изложены в ГОСТ 16162-78, а терминология по зубчатым и червячным передачам – в ГОСТ 16530-70, ГОСТ 16531-70 и ГОСТ 18498-73.

**Методы достижения точности сборки передач.** СТ СЭВ 641-77 предусматривает двенадцать степеней точности цилиндрических зубчатых передач и колес. Для каждой степени точности зубчатых колес и передач установлены нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче. Величины гарантированного бокового зазора устанавливаются независимо от степени точности зубчатых колес и передач и их комбинирования.

Требования к точности изготовления и сборки зубчатых передач зависят от условий их эксплуатации. В делительных и планетарных передачах основным требованием является кинематическая точность, то есть допустимая погрешность угла поворота зубчатого колеса за один оборот, в высокоскоростных передачах – плавность работы, то есть отсутствие циклических погрешностей, в тяжело нагруженных тихоходных редукторах – полнота

контакта сопрягаемых поверхностей зубьев, а в реверсивных отсчетных передачах – боковой зазор.

Точность сборки цилиндрической зубчатой передачи определяется несколькими размерными цепями. Размерная цепь, определяющая неприлегание (контакт) зубьев по длине, приведена на рис. 2.8. Собираемость зубчатой пары определяют следующие погрешности и неточности изготовления и сборки:  $\beta_1$  и  $\beta_{11}$  – погрешности направления зубьев (или погрешности осевых шагов) колеса и шестерни;  $\beta_2$  – перекося оси зубчатого колеса относительно оси вала при запрессовке;  $\beta_4, \beta_5, \beta_8, \beta_9$  – отклонения от параллельности осей валов, обусловленные эксцентриситетами наружных колец подшипников;  $\beta_3, \beta_{10}$  – отклонения от параллельности осей валов, обусловленные биениями шейки под зубчатое колесо (шестерни) относительно шеек под подшипники;  $\beta_6, \beta_7$  – перекося и отклонение от параллельности осей отверстий в корпусе редуктора. Замыкающим звеном  $\beta_{\Delta}$  размерной цепи является зазор неприлегания зубьев передачи.



**Рис. 2.8. Размерная цепь, определяющая контакт зубьев передачи по длине**

меры на обоих концах или зазоры и по разнице соответствующих измерений устанавливают отклонения от параллельности и перекося, контролируют качество (точность) сборки колеса и шестерни по пятну контакта в их зацеплении.

Основными дефектами зубчатой передачи являются дефекты шестерен и их зацеплений. Для каждой пары шестерен могут быть определены следующие виды дефектов:

- бой ведущей шестерни;
- бой ведомой шестерни;
- несоосность осей вращения колес и шестерни;

На рис. 2.8 цифрами обозначены: 1 – общие оси отверстий в корпусе; 2 – оси вращения шестерни и колеса; 3 – оси опорных шеек валов; 4 – ось посадочной шейки вала колеса; 5 – ось отверстия колеса; 6 – линии пересечения боковых поверхностей зубьев с поверхностью зацепления; 7 – ось вала-шестерни.

Точность сборки цилиндрических зубчатых зацеплений обеспечивают, как правило, методами полной или неполной взаимозаменяемости.

Для измерения межосевого расстояния, перекося и отклонения от параллельности осей корпусов в условиях серийного производства и капитального ремонта используют калиброванные оправки, микрометрические приборы и специальные калибры. При этом определяют размеры

- дефекты зацепления.

Бой шестерни, связанный с несоосностью шестерни и вала или с искривлением последнего, приводит к росту вибрации на частотах, пропорциональных частоте ее вращения. Силы соударения зубьев, входящих в зацепление, начинают зависеть от угла поворота дефектной шестерни, плавно изменяя свою величину.

Дефекты зацепления, приводящие к сдвигу или изменению площади контакта зубьев в зацеплении, являются единственной группой дефектов, сопровождающихся ростом зубцовых гармоник вибрации без появления интенсивных боковых составляющих.

## **2.8. Неисправности и повреждения подшипников скольжения и трансмиссионных валов**

Основными видами повреждений подшипников скольжения являются [10]:

- абразивное изнашивание;
- схватывание;
- усталостное разрушение;
- отслаивание.

Физические процессы развития характерных видов повреждений подшипников скольжения аналогичны процессам развития повреждений зубчатых колес и подшипников качения.

Абразивное изнашивание может развиваться вследствие недостаточной несущей способности смазочного слоя при установившемся режиме работы, а также при пуске и останове. Абразивное изнашивание может вызываться наличием абразивных частиц, размеры которых соизмеримы с толщиной масляного слоя.

Схватывание контактирующих поверхностей происходит из-за потери несущей способности масляной пленки вследствие повышенных контактных давлений и температуры.

Фреттинг-коррозия наблюдается на поверхности валов подшипников, при работе прессовых посадок и соединений корпусов, когда поверхности совершают взаимные колебательные движения.

Усталостные разрушения фрикционного слоя происходят, как правило, при значительных пульсациях нагрузки.

**Валы трансмиссии автомобилей** подвержены сложному режиму нагружения, включающему кручение передаваемым крутящим моментом, а также изгиб от усилий, действующих на вал от установленных на нем зубчатых колес, звездочек или шкивов.

Основными видами эксплуатационных повреждений трансмиссионных валов являются:

- хрупкий излом;
- пластическая деформация;
- усталостный излом;
- коррозия;

- износ;
- развитие трещин;
- контактная усталость.

При работе с большими перегрузками может проявляться малоцикловая усталость. У тихоходных валов из нормализованных и улучшенных сталей может наблюдаться избыточная остаточная деформация при пиковых нагрузках, у валов из хрупких и малопластичных материалов (закаленная сталь с низким отпускком) – хрупкое разрушение. Одним из видов повреждений валов является, также недопустимая остаточная деформация прогиба.

Износ и овальность шеек и валов под подшипники и зубчатые колеса, прогибы валов являются причиной ухудшения условий работы всех деталей узла. В первую очередь выходят из строя шестерни, так как увеличение зазоров в опорах подшипников качения вызывает перекося валов, нарушение межцентровых расстояний и, как следствие, искажение зацепления, что приводит к ускоренному изнашиванию поверхностей зубьев и подшипников. В парах конических передач смещение одной из них от нормального положения (за счет износа шеек, появления зазоров в подшипниках) всего на 0,4 мм вызывает рост напряжений на рабочих поверхностях зубьев в 1,4 раза, а долговечность конических шестерен при указанных смещениях снизится в 2,7 раза.

Основные причины развития указанных повреждений и их характер описаны ранее при рассмотрении повреждений зубчатых колес и подшипников.

## **2.9. Неисправности электрических и электронных систем управления трансмиссией**

### **2.9.1. Виды и причины появления неисправностей**

Современные транспортные машины представляют рациональное сочетание механических и гидропневмосистем с электроникой.

На современных легковых автомобилях устанавливаются электронные блоки управления в силовых агрегатах (управление двигателем, управление трансмиссией), в ходовой части (управление подвеской, стабилизация заданной скорости движения, регулирование рулевого управления, управление антиблокировочными системами тормозов), в оборудовании салона и кузова (кондиционирование воздуха, навигационная система, многофункциональная информационная система, электронная панель приборов и др.).

Отказы автоматических коробок передач (АКП) чаще всего происходят из-за одной из следующих причин:

- снижение эффективности отдачи двигателя;
- нарушение регулировок;
- неисправность гидравлики;
- механические повреждения;
- неисправности бортового процессора или его сигнальной цепи.

Причиной неисправностей, возникающих в системе электронного управления трансмиссией, может быть двигатель, ЭБУ трансмиссией или сама АКП. Возможные неисправности механических и гидравлических систем АКП (приведены в табл. 2.1-2.5) могут сильно влиять на функционирование электрических и электронных цепей коробки передач. Возможными причинами неисправностей электронно управляемых узлов трансмиссии являются:

- напряжение аккумуляторной батареи ниже 11,5 В;
- перегоревшие предохранители;
- плохое подсоединение разъемов;
- неисправный датчик скорости;
- неисправности соленоидов;
- замыкание в проводах генератора импульсов;
- замыкание в проводах соленоидов;
- влияние электронных устройств (например, мобильного телефона);
- ненадежное подсоединение проводов внутри разъема.

Неисправностями электрических и электронных элементов являются:

- **обрыв цепи**, характеризующийся разрывом электрической связи с источником электрической энергии (или между элементами электрической цепи). Обрыв цепи происходит в результате отпайки, отсоединения или обгорания контакта, обрыва провода и т. п.;

- **замыкание**, характеризующееся мгновенным снижением активного и реактивного сопротивления цепей ниже критических значений при соприкосновении противоположных по полярности проводов, вследствие которого образуется движение потока электронов в месте соприкосновения элементов цепи. Замыкание происходит в результате соприкосновения оголенных проводов, в том числе при повреждении изоляции и т. д.;

- **плохой контакт соединения** проводов характеризуется значительным повышением (или нестабильностью) сопротивления прохождению потока электронов и (или) частичному или временному его прекращению в соединении подвижных или неподвижных контактов. Плохой контакт является следствием нарушения правил сборки (соединения проводов), ослабления крепления контактов, окисления контактов и т. д.;

- **пробой** – это нарушение рабочих характеристик таких элементов электрической цепи, как диод, транзистор, микросхема, катушка (тепловой пробой) и т. д. Пробой характеризуется нарушением изоляции элементов цепей или несанкционированным прохождением тока в полупроводниках.

В электрической части сборочных единиц имеют место следующие формы проявления дефектов:

- **сбой**, характеризующийся значительным нарушением первоначальной настройки (наладки) системы вследствие нарушения последовательности поступления или пропуска электронных сигналов;

- **ошибка** – это дефект, характеризующийся незначительным изменением заданных характеристик системы, несущественно влияющим на ее функционирование, которое происходит вследствие искажения или неверного считывания электронных сигналов;

- **выключение системы**, характеризующееся полным самопроизвольным или принудительным прекращением ее функционирования в результате отказа электрической части или отказа элементов электрической части системы, влияющих на ее работоспособность;

- **авария** – это характеристика критического состояния электронной части сборочной единицы, при которой имеют место отказы одного или нескольких элементов, выполнение функции которых в системе зарезервировано, и она временно может функционировать, но для облегчения полного функционирования системы требуется срочное устранение отказов ее элементов.

Для технических систем, содержащих в контуре управления ЭВМ, особенно неприятны отказы типа сбоя. **Сбой** – это самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременному нарушению работоспособности. Сбой может привести к искажению и полной потере информации, содержащейся в ЭВМ, и тогда самовосстановление аппаратуры после сбоя уже не приведет к восстановлению работоспособности системы.

### 2.9.2. Дефекты и неисправности компонентов электрических систем

Поскольку при моделировании элементов мы различаем логические функции и их временные характеристики, то в дальнейшем мы также будем отличать логические неисправности, которые изменяют логику элементов, и неисправности типа «задержка», которые влияют на быстродействие компьютерных систем.

Логическая неисправность может быть определена явным или неявным образом. При явном задании неисправности необходимо индивидуально для данного дефекта в каком-либо виде задать функцию, реализуемую элементом. Очевидно, такой подход требует значительных ресурсов и часто неприменим на практике. Неявная модель определяет обычно некоторый класс моделей – неисправностей, которые обладают некоторыми характерными свойствами (например, константные неисправности, которые эквиваленты постоянным сигналам на линиях схемы).

При заданной неисправности и модели системы в общем случае мы можем найти логическую функцию системы при наличии данной неисправности. Таким образом, модель неисправности тесно связана с видом модели цифровой системы. Те неисправности, которые определяются на структурной модели системы, называются структурными неисправностями. Их эффект, как правило, сводится к изменению соединения компонент. Функциональные неисправности определяются на функциональной модели системы. Например, эффект функциональной неисправности может проявляться в изменении функции, реализуемой компонентом системы или оператором языка описания аппаратуры.

Типичными неисправностями соединений компонентов системы являются обрыв (open) и замыкание (short). Обрыв соответствует нарушению соединения компонентов схемы. Причиной нарушения соединения может

быть недостаток или отсутствие проводящего материала, например, в металлическом проводнике. С другой стороны, отсутствие соединения может возникнуть вследствие наличия лишних частиц диэлектрика, например, между проводящими слоями. Замыкание образуется в результате соединения линий схемы, которые в исправной системе изолированы друг от друга. Оно может быть вызвано наличием лишних проводящих частиц между проводниками, пробоем оксида в МОП-структурах, который образует соединение с некоторым небольшим, но необязательно нулевым сопротивлением и т. п. [2]

### 2.9.3. Физические дефекты

Физические дефекты зависят от технологии изготовления и материала подложки интегральных схем. Типичными дефектами интегральных схем (ИС) являются [2]:

- дефекты производства ИС – пропущенные при металлизации контактные окна или участки оксида, паразитические транзисторы, пробой оксида (в МОП-структурах) и т. п.;
- дефекты материалов – объемные дефекты (трещины, несовершенство кристалла), загрязнение поверхности, наколы или вкрапления оксида, погрешности травления и т. д.;
- дефекты (неисправности) старения – пробой диэлектриков, электрическое перенапряжение, нестабильность поверхностного потенциала, электромиграция и т. д.;
- дефекты упаковки – ухудшение контакта, утечка в перемычках.

Дефекты возникают либо в процессе изготовления, либо при эксплуатации электронных систем. Физические дефекты происходят вследствие ошибок человека либо неправильной работы технологического оборудования. Частое повторение одного и того же дефекта показывает на необходимость улучшения процесса производства или проектирования этого устройства. Отметим, что указанные дефекты случаются на этапе изготовления отдельных ИС и существенно зависят от используемой технологии. Одной из причин возникновения дефектов является нестабильность условий процесса изготовления. Они включают случайную флуктуацию окружающей среды, например, турбулентность потока газа при диффузии и окислении; отклонения физических и химических параметров материалов таких, как, например, флуктуация плотности и вязкости фоторезисторов и примесей в воде и газах.

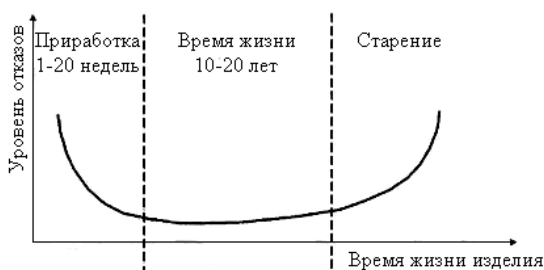
Поскольку технологический процесс производства плат существенно отличается от изготовления ИС, то на этом этапе имеют место другие физические дефекты. В табл. 2.9 представлены типичные физические дефекты, возникающие при изготовлении печатных плат и частота их возникновения. [2]

### Типичные физические дефекты, возникающие при изготовлении плат

Тип дефекта	Частота появления
Замыкания	51
Обрывы	1
Пропущенные компоненты	6
Неправильные компоненты	13
Перевернутые компоненты	6
Изгиб проводников	8
Неправильные аналоговые спецификации	5
Неправильная цифровая логика	5
Дефекты характеристик	5

Дефекты и неисправности ИС могут проявляться на разных этапах эксплуатации («жизни»). Отношение интенсивности отказов к сроку «жизни» описывается хорошо известной кривой, представленной на рис. 2.9. Дефекты, которые могут возникнуть при изготовлении и неисправности в эксплуатации,

могут быть обнаружены визуально и путем оптического сканирования. Они проявляются во многих ИС в течение 20 недель их эксплуатации (период «детской смертности»). В конце этого периода уровень отказов стабилизируется на 10-20 лет (нормальное время «жизни»). Далее наступает период старения. При чрезмерной эксплуатации здесь кривая носит экспоненциальный характер. Отметим, что для современных ИС основным фактором старения является перегрев вследствие высоких плотностей размещения транзисторов и используемых сверхвысоких частот. [2]



**Рис. 2.9. Зависимость интенсивности отказов от времени**

#### 2.9.4. Типовые модели неисправностей

Неисправность является моделью, которая представляет эффект физического дефекта на логическом или функциональном уровне. Несколько различных дефектов могут представляться одной и той же неисправностью (имеет место отношение «много к одному»). С другой стороны, одному физическому дефекту иногда может соответствовать несколько неисправностей (отношение «один ко многим»). Заметим, что неисправность обычно имеет более ясную трактовку, чем физический дефект. Будучи моделью, неисправность не всегда точно соответствует физическому дефекту, но используемые модели неисправности, как правило, полезны (эффективны) при обнаружении дефектов. Классическим примером являются одиночные кон-

стантные неисправности, хотя очевидно, что эта модель неточно описывает все физические дефекты. Но тесты, построенные для этих неисправностей, оказываются эффективными и для других типов неисправностей. Однако, как и любая модель, константные неисправности не описывают всех возможных дефектов. Особенно это касается современной МОП-технологии. Поэтому разработаны другие модели неисправности (в частности, типа транзистор «постоянно открыт или закрыт»), которые более адекватно отражают физические дефекты этой технологии. В табл. 2.10 представлены наиболее распространенные типовые модели неисправностей.

Приведенные модели неисправностей тесно связаны с моделями цифровых систем. Очевидно, что моделям схем различных уровней абстракции соответствуют модели неисправностей разных уровней.

Таблица 2.10

### Типовые модели неисправностей

Модели неисправности	Описание
Одиночные константные неисправности (stack-at faults s-a-0, s-a-1)	Одна линия схемы принимает постоянное значение 0 или 1
Кратные константные неисправности (multiple stack-at faults)	Две или более линий схемы имеют постоянные значения сигналов
Мостиковые неисправности (bringing faults)	Две или более линий схемы, значения сигналов на которых не зависят друг от друга в исправной схеме, становятся электрически связанными в неисправной
Неисправности «устойчивое замыкание транзистора» (“stuck-on” – SON, “stuck-short” faults)	В КМОП-логике транзистор находится в замкнутом (проводящем) состоянии
Неисправности «устойчивый обрыв транзистора» (“stuck-open” – SOP faults)	В КМОП-логике транзистор находится постоянно в разомкнутом (не проводящем) состоянии. При этом обычно он отключен либо от питания, либо от «земли» и ведет себя при этом как элемент памяти
Неисправности «задержка»	Вызывается задержкой распространения сигналов в одном или более путях схемы
Перемежающиеся неисправности	Вызываются ухудшением внутренних параметров схемы. Неправильные сигналы возникают при некоторых, но не всех состояниях схемы. Ухудшение параметров прогрессирует до тех пор, пока не проявится как постоянная неисправность
Неустойчивые неисправности	Неправильные значения сигналов вызываются «наводками». «Наводка» может быть емкостной через шину питания или индуктивной
Дефектно ориентированные неисправности (defect oriented faults)	Неисправности электрического или логического уровня, которые вызываются дефектами на физическом уровне

Модели неисправности	Описание
Функциональные неисправности	Используются в том случае, когда цифровые системы описываются на функциональном уровне с помощью языков описания аппаратуры и представляются также языковыми средствами. Полнота тестов также оценивается на функциональном уровне (покрытие путей, ветвлений и т. п.)
Неисправности уровня ЯРП	Соответствуют неправильному выполнению языковых конструкций ЯРП
Нетестируемые неисправности (untested faults)	Неисправности, для которых не может быть построен тест. Среди них: - избыточные неисправности, наличие которых не изменяет поведение схемы; - неисправности, вызывающие неправильное поведение схемы, но тесты для них не могут быть построены данными методами. К ним относятся, например, неисправности, препятствующие инициализации последовательностных схем

**Замыкания.** Неисправности типа замыкания имеют место в том случае, когда происходит соединение двух или более линий схем и образуется «проводная логика» (wired logic) в месте возникшей электрической связи. Кратные замыкания (соединение больше двух линий) возникают обычно на внешних входах интегральных схем.

**Транзисторные неисправности** (устойчивый обрыв и замыкание транзистора). Наиболее распространенными являются следующие виды отказов в «металл-окисел-проводник» технологии:

- обрыв и замыкание транзисторов;
- обрывы между стоком, истоком и затвором;
- короткие замыкания: исток-сток, затвор-сток, затвор-исток.

Дефекты короткого замыкания обычно обусловлены пробоем оксида. Такие неисправности называются «резистивными замыканиями».

**Неисправности типа «задержка».** Ситуации, когда схема структурно и логически корректна, но время распространения сигнала по некоторым ее путям превышает допустимые для правильного функционирования значения. Такие неисправности распространения сигнала не могут быть обнаружены на низкой частоте работы схемы, но обнаруживаются на высоких тестовых рабочих частотах. Для этих целей используются две основные модели: задержки вентиля, задержки пути.

**Временные неисправности.** При таких неисправностях временно появляются неправильные сигналы в схеме. Это происходит в различных цифровых элементах, но чаще всего в микросхемах памяти и микропроцессорах. Среди этих неисправностей различают «кратковременные сбои» (transient, intermittent). Кратковременные сбои происходят, когда сигналы меняют свое значение вследствие, например, «шумов». Такие неисправности трудно обнаружить и исправить. Здесь важно минимизировать шумы и повысить помехозащищенность схемы. Подобные неисправности, могут быть

вызваны, например, флуктуациями напряжения, метастабильностью триггеров или космическим излучением.

Спонтанные отказы могут возникнуть вследствие кодовозависимой неисправности в микросхемах памяти и микропроцессорах.

**Функциональные неисправности** переменных данных и управления. В простейшем случае модель константной неисправности распространяется на переменные операторов языка регистровых передач. При этом подразумеваются постоянные значения отдельных переменных. Неисправности «данных», как правило, связывают с памятью или регистрами. Неисправности «управления» связаны с переменными, описывающими, например, условия выполнения некоторой операции.

**Ошибки (дефекты) текста программ Hardware Description Languages (HDL).** Простая ошибка текста программы HDL соответствует мере покрытия операторов при тестировании программного обеспечения, которая имеет ограниченную точность, поскольку не учитывает проявление ошибки на внешних выходах устройства. «Анализ мутации» соответствует ошибке текста программы для тестирования программного обеспечения. При этом «мутант» представляет версию функционального описания, которое отличается от оригинала на одну потенциальную ошибку. В этом случае оператор мутации определяется функцией, которая применяется к оригиналу для генерации «мутанта». Типичным примером оператора мутации является замена одной арифметической операции на другую.

**Функциональные неисправности микропроцессоров.** В соответствии с основными функциями микропроцессоров можно рассматривать следующие модели функциональных неисправностей:

1. Модель неисправности функции дешифрации адресов регистров.
2. Модель неисправности функций хранения данных. Предполагается, что любой разряд регистра может иметь константные неисправности 0, 1.
3. Модель неисправности функций передачи данных. При этом любое число линий может иметь константные неисправности 0, 1 и любая пара линий может замкнуться (сигналы на этих линиях принимают одинаковые значения).
4. Модель неисправности дешифрации инструкций и функций управления последовательностью операций. При этом предполагается, что может произойти одно или несколько следующих событий:
  - одна или несколько микроинструкций в команде не выполняются;
  - дополнительно выполняются микроинструкции, которые не должны быть в данной команде;
  - дополнительно выполняются микроинструкции, которых нет в последовательности данной команды.

**Контактная неисправность** одинаково действует только на соединение между вентилями, при этом логические элементы функционируют правильно. Каждая линия схемы может иметь два типа этих неисправностей: контакт 0 и контакт 1. Итак, контактная неисправность фиксирует на данной линии постоянное значение сигнала 0 или 1, независимо от значения

подаваемого на него сигнала. Часто такие неисправности моделируют замыкания линии схемы на «землю» или источник питания.

### **Контрольные вопросы к подразделу 2.1**

1. Какой процент отказов и неисправностей приходится на отдельные системы трансмиссии?
2. Какие основные неисправности сцепления?
3. Опишите причины пробуксовки сцепления и причины его неполного включения.
4. Какие основные причины дерганья при движении и трогании автомобиля?
5. Назовите возможные неисправности сцепления и методы их устранения.

### **Контрольные вопросы к подразделам 2.2, 2.3**

6. Какие могут быть неисправности механической раздаточной коробки?
7. Приведите неисправности гидромеханической коробки.
8. Перечислите признаки неисправностей коробок передач, определяемые органами чувств человека.
9. Приведите в процентах наиболее распространенные неисправности АКП.
10. Какие основные причины неисправностей микропроцессорных АКП?
11. Какие существуют неисправности АКП переднеприводных автомобилей и их возможные причины?

### **Контрольные вопросы к подразделам 2.4, 2.5, 2.6**

12. Какие возможны неисправности главной передачи легкового и грузового автомобилей?
13. Приведите неисправности карданной передачи.
14. Что и как регулируется в главной передаче грузового автомобиля?
15. Какие основные конструктивные и производственные дефекты и эксплуатационные неисправности подшипниковых узлов качения?
16. Какие основные стадии развития разрушений подшипников?
17. Какие существуют виды повреждения зубчатых передач и от чего они зависят?
18. Какие признаки неисправностей заднего моста грузового автомобиля?
19. Приведите виды повреждения подшипников скольжения.

### **3. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТРАНСМИССИИ**

#### **3.1. Основные объекты диагностирования трансмиссии и их параметры**

**Общими диагностическими параметрами механической трансмиссии** являются:

- допустимые и предельные значения свободного и полного хода педали;
- свободный ход наружного кольца, вилки включения сцепления;
- пробуксовка или неполное включение сцепления;
- коробление ведомого диска (торцевое биение);
- зазоры в подшипниках карданной передачи;
- боковой зазор между зубьями отдельной зубчатой пары;
- суммарный угловой зазор в зубчатых зацеплениях коробки передач или главной передачи;
- осевой или радиальный зазор в подшипниковых узлах качения;
- суммарный угловой зазор трансмиссии;
- КПД трансмиссии;
- биение карданного вала;
- уровень вибрации;
- усилие включения и переключения передач;
- угловое ускорение в динамическом (знакопеременном) режиме;
- установившаяся температура в агрегатах трансмиссии;
- уровень масла в агрегатах трансмиссии;
- температура рабочей жидкости в бачке;
- содержание продуктов изнашивания в масле агрегатов;
- состояние масла и рабочей жидкости (запах, цвет, прозрачность, вязкость);
- течь масла.

Структурные и диагностические параметры коробок переключения передач (КПП) и карданных передач, валов и опор передач с механической системой управления приведены в табл. 3.1.

Общие диагностические параметры главной передачи трансмиссии автомобиля Toyota Land Cruiser 100 приведены в табл. 3.2.

Диагностические параметры и признаки отдельных узлов трансмиссии современных автомобилей представлены на рис. 3.1.

Изменение суммарных угловых зазоров зависит от наработки. После периода приработки наблюдается незначительный рост суммарного углового зазора, но при определенной наработке наступает период прогрессирующего износа сопряжений, когда угловые зазоры механических передач увеличиваются в 6-5 раз.

Предельные значения угловых зазоров в трансмиссии грузовых автомобилей составляет в карданной передаче 5-6°, в коробке передач – 5-15°, в главной передаче – 55-65°, суммарный угловой зазор в трансмиссии – не более 50°.

Таблица 3.1

**Основные объекты и диагностические параметры  
трансмиссии с механическим управлением**

<b>Структурный параметр</b>	<b>Диагностический параметр</b>
<b>Сцепление</b>	
Износ фрикционных накладок	Скорость проскальзывания ведомого диска под нагрузкой. Крутящий момент
Момент трения	Свободный ход педали привода сцепления. Рабочая температура картера сцепления
<b>Коробка передач, увеличитель крутящего момента, главная и конечная передачи</b>	
Профиль, ширина зубьев колес, износ подшипников шлицевых соединений	Суммарный угловой зазор. Параметры углового ускорения вала. Концентрация продуктов износа и абразива в масле. Параметры шума и вибрации. Рабочая температура корпусных деталей. Герметичность уплотнений
Полнота включения и выключения передач	Перемещение рычага
<b>Карданная передача</b>	
Износ цапф и опор крестовины	Угловой зазор
Изгиб карданного вала и вилок	Биение вала и вилок
<b>Цепная передача</b>	
Натяжение цепи	Стрела прогиба. Угол прогиба
Износ цепи	Шаг цепи
Износ звездочек	Толщина зубьев. Угловой зазор в посадочном соединении с валом
<b>Ременная передача</b>	
Натяжение ремня	Угол прогиба. Стрела прогиба
Износ шкивов	Размеры ручьев. Угловой зазор в посадочном соединении с валом
<b>Валы и опоры карданных цепных и ременных передач</b>	
Износ и изгиб валов	Радиальное перемещение вала. Параметры вибрации. Биение вала
Износ подшипников	Радиальное перемещение вала. Параметры вибрации. Рабочая температура корпуса
<b>Предохранительная муфта</b>	
Крутящий момент муфты	Крутящий момент срабатывания муфты

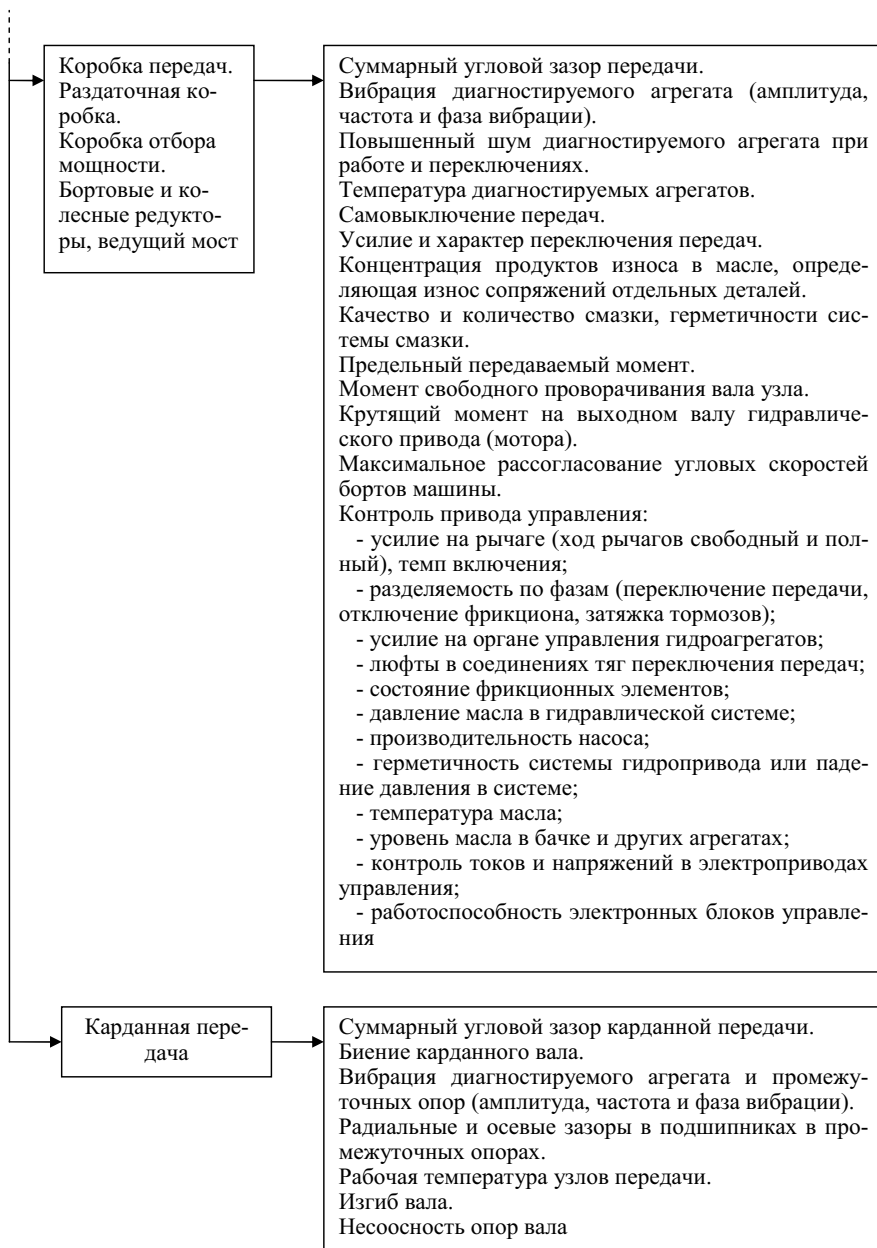
### Диагностические параметры главной передачи

Параметры	Значения параметра
Передаточное отношение главной передачи раздаточной коробки (Н4/L4)	1,000/2,488
Осовой люфт карданного шарнира, мм	0,05
Биеение фланца переднего дифференциала, мм	0,1
Преднатяг подшипника передней ступицы, Н·м	28-56
Преднатяг подшипника задней ступицы, Н·м	26-57
Преднатяг ведущей шестерни переднего дифференциала, Н·м	0,4-0,8
Преднатяг ведущей шестерни заднего дифференциала, Н·м	0,6-1,0
Глубина установки сальника дифференциала, мм	1
Расстояние от среза корпуса полуоси до торца гайки, мм	0,2-0,9

Для диагностирования зазоров в элементах трансмиссии в настоящее время получил распространение дифференциальный метод. Состояние трансмиссии оценивается при этом по двум параметрам – величине зазора и нарастающему моменту сопротивления при переходе от одной зубчатой пары к другой.



Рис. 3.1. Диагностические параметры отдельных узлов трансмиссии



**Окончание рис. 3.1**

### 3.2. Диагностические параметры сцепления

Транспортные машины имеют разные конструкции сцепления. Наибольшее применение получили плоские сцепления.

К основным параметрам технического состояния сцепления относятся: их проскальзывание, сработанность фрикционных прокладок, упругость прижимных пружин, величина свободного и полного хода рычагов и педалей.

При использовании таких сцеплений плавное включение сцепления приводит к пробуксовке дисков, а, следовательно, и к стиранию фрикционных накладок. Сработанность фрикционных накладок приводит к увеличению зазоров между дисками и, вследствие этого, к уменьшению силы прижимных пружин или кулачков. Диски начинают пробуксовывать чаще, что вызывает усиленное нагревание рабочих поверхностей и интенсивное срабатывание фрикционных накладок. При этом (вследствие высоких температур) диски коробятся, а пружины теряют упругость.

Пробуксовывание дисков легко установить по специфическому запаху, нагреву картера или выходу дыма из люков.

В процессе работы сцепление можно проверить под максимальной нагрузкой. При этом оно не должно пробуксовывать в случае перегрузки. Если сцепление исправно, двигатель от перегрузки глохнет, в случае пробуксовки машина останавливается, а двигатель продолжает работать. О состоянии прижимных пружин (и их упругости) делают вывод по усилию, которое прикладывают к органу управления (педали и рычаги). Причиной пробуксовки сцепления может быть также замасливание дисков.

Для устранения причин пробуксовки сцепления необходимо проверить и при необходимости отрегулировать свободный ход педали сцепления. Свободный ход педали сцепления легковых автомобилей должен соответствовать данным эксплуатационной документации.

Номинальные и допустимые значения свободного хода педали сцепления отечественных двигателей, регулировочные параметры механизмов привода сцепления и проверяемые параметры нажимного диска сцепления автомобилей моделей ЗАЗ, ВАЗ, ГАЗ, «Москвич» приведены в [4].

Свободный ход педали автомобилей складывается из хода поршня главного цилиндра, зазоров между толкателем и поршнем главного цилиндра, зазора между упорным подшипником и концами рычагов выключения механизма сцепления. Фактические значения хода педали устанавливаются эксплуатационной документацией на конкретный автомобиль.

Уровень жидкости в бачке гидропривода сцепления должен быть на 15-20 мм ниже кромки головки бачка. Свободный ход педали сцепления, соответствующий началу работы главного цилиндра, должен составлять 6-15 мм.

Свободный ход педали сцепления при гидравлическом приводе зависит от величины свободного хода штока рабочего цилиндра.

**На легковых автомобилях** обычно устанавливаются дисковые сухие сцепления с диафрагменными пружинами, которые могут приводиться в

действие с помощью троса или гидравлического передаточного механизма, воздействующего на вилку и подшипник выключения сцепления.

Основными деталями сцепления являются нажимной диск, ведомый или фрикционный диск и подшипник выключения сцепления. Между маховиком и нажимным диском находится ведомый диск, который может перемещаться по шлицам ведущего вала коробки передач. Подшипник выключения сцепления (выжимной) устанавливается на вилку выключения сцепления и действует на пальцы мембранной пружины нажимного диска.

При работающем двигателе и отпущенной педали сцепления мембранная пружина плотно прижимает ведущий и ведомый диски и маховик друг к другу. Крутящий момент передается через фрикционные поверхности маховика и нажимного диска на фрикционные накладки ведомого диска и от него на ведущий вал коробки передач.

При нажатии на педаль сцепления усилие передается с помощью гидравлического механизма или троса на вилку выключения сцепления. Вилка перемещает подшипник, который передает усилие на пальцы мембранной пружины. Усилие со стороны пружины на нажимной диск ослабевает, и нажимной диск и маховик продолжают вращаться, в то время как ведомый диск останавливается. При отпуске педали сцепления воздействие пружины усиливается и крутящий момент снова передается на первичный вал коробки передач.

Гидравлическая система сцепления состоит из главного и рабочего цилиндров и связанных с ними трубок и шлангов. Система имеет общий бак с главным тормозным цилиндром.

**Контролируемые параметры.** Изнашивание накладок ведомого диска хотя и компенсируется гидравлической системой автоматически, но при значительном износе рекомендуется заменять сцепление вместе с подшипником. Сцепление с приводом от троса необходимо периодически регулировать для компенсации износа фрикционных накладок и растяжения самого троса. Поверхности трения маховика и нажимного диска не должны иметь царапин, задиrow, забоин. Осевое биение маховика не должно превышать 0,2 мм. Подшипник должен легко вращаться. Не допускаются следы масла и грязь на поверхности фрикционных накладок.

**На автомобилях с трансмиссией O2K,** в отличие от обычного сцепления, нажимной диск (у автомобилей Volkswagen) устанавливается со стороны коленчатого вала. Маховик крепится к планшайбе узла нажимного диска со стороны трансмиссии. Между маховиком и нажимным диском имеется фрикционный диск. В данном случае имеет место зеркальное отображение конструкции, когда маховик устанавливается на коленчатом валу, а узел нажимного диска крепится к маховику. [5]

Механизм выключения сцепления состоит из металлического диска (выжимной пластины), который закреплен в центре нажимного диска с помощью пружинного кольца. В центре выжимной пластины имеется ступица, в которой установлен конец толкателя. Толкатель проходит сквозь первичный вал трансмиссии и приводится в движение выжимным подшипником, расположенным внутри корпуса трансмиссии. В подшипник упирается ко-

нец рычага, установленного на шлицах приводного вала. Вал проходит сквозь картер трансмиссии. На втором его конце закреплен второй рычаг, на который действует шток рабочего цилиндра сцепления. Таким образом, при нажатии педали сцепления отжимной рычаг через подшипник, толкатель и выжимную пластину перемещает нажимной диск в сторону хвостовика коленчатого вала. Перемещаясь, нажимной диск сжимает мембранную пружину и освобождает фрикционный диск сцепления, передающий крутящий момент на вал трансмиссии. При отпускании педали сцепления толкатель перестает воздействовать на нажимной диск и тот под действием мембранной пружины прижимает фрикционный диск к маховику, восстанавливая передачу крутящего момента. Изнашивание накладок фрикционного диска автоматически компенсируется увеличением количества жидкости в гидросистеме привода. Поэтому регулировки системы привода сцепления в процессе эксплуатации не требуется.

На автомобилях с трансмиссией O2J ([5]) маховик крепится непосредственно к хвостовику коленчатого вала, а кожух сцепления с нажимным диском и мембранной пружиной – болтами на маховике. Между маховиком и нажимным диском расположен фрикционный диск сцепления со шлицевой ступицей, которая установлена на шлицевом конце первичного вала трансмиссии. Фрикционные накладки диска клепкой соединены со стальной основой. Между диском и ступицей установлены пружины демпфера, которые компенсируют крутильные колебания, возникающие при работе двигателя.

При нажатии на педаль сцепления шток рабочего цилиндра поворачивает рычаг, конец которого перемещает выжимной подшипник. Подшипник нажимает на внутренние лепестки мембранной пружины, в результате чего пружина прогибается и наружным ободом отводит нажимной диск от фрикционного диска, передача крутящего момента от двигателя к трансмиссии прекращается. При отпускании педали мембранная пружина освобождается и давит своим наружным ободом на нажимной диск, который прижимает фрикционный диск к маховику. Передача крутящего момента возобновляется.

Износ накладок фрикционного диска компенсируется путем увеличения жидкости в гидросистеме привода. Регулировки системы привода сцепления в процессе эксплуатации не требуется.

**Удаление воздуха из гидросистемы сцепления.** Наличие воздуха в рабочей жидкости сцепления может стать причиной так называемого «проваливания» педали сцепления или приводить к неполному его выключению, что создает трудности при переключении передач (см. подраздел 1.1.2).

### **3.3. Диагностические параметры автоматических коробок передач**

**Типичными диагностическими параметрами** работоспособности АКП являются: суммарные угловые зазоры (при переключении передач), давление масла, частота вращения коленчатого вала двигателя (при пере-

ключении передач), моменты переключения передач по скорости при плавном «разгоне» автомобиля на ненагруженных беговых барабанах динамометрического стенда, тестовые испытания автомобиля на динамометрическом стенде с заданием необходимых скоростных и нагрузочных режимов разгона, торможения, установившегося движения на каждой передаче, диагностирование по кодам неисправностей (для АКП с ЭБУ).

Наиболее распространенными неисправностями АКП в эксплуатации являются посторонний шум и вибрация (28-30%), проскальзывание или пробуксовка (20-30%). Поэтому сложился определенный порядок выбора диагностического параметра изделий и систем электрооборудования:

- выявляют наиболее часто повторяющиеся отказы и повреждения по данным подконтрольной эксплуатации или по результатам эксплуатации;
- анализируют причинно-следственные связи неработоспособных или исправных элементов изделия и его выходных параметров;
- составляют функциональную схему структурно-следственных связей по цепи: агрегат или сборочная единица - сопряжение или элемент - структурный параметр - характер неисправности - признак - диагностический параметр.

Вид неисправности АКП по частоте вращения коленчатого вала определяется, например, таким образом. Если частота вращения коленчатого вала, при которой двигатель заглох, выше рекомендуемой, то АКП проскальзывает, а если ниже – заклинивает реактивное колесо гидротрансформатора.

Моменты переключения передач по скорости при плавном «разгоне» автомобиля на ненагруженных беговых барабанах динамометрического стенда определяется по колебаниям стрелки спидометра.

**Основными причинами сбоев и отказов электрических и электронных систем электрооборудования** являются нарушение контактов вследствие обрыва электрических цепей, ослабление их креплений, окисление контактирующих поверхностей, перегорание предохранителей, замыкание цепей из-за повреждения изоляции, а также выход из строя отдельных элементов: лампочек осветительных приборов, датчиков контрольно-измерительных приборов, реле и пр.

Основными диагностическими параметрами являются сопротивление, ток, напряжение, амплитуда и форма диагностических сигналов в цепи датчиков, температура элементов схем, замыкание в цепи и внутренние обрывы компонентов. Существуют предельные значения этих параметров, которые являются критерием оценки исправности датчика электронной или электрической системы в различии сигналов включения и выключения, изменений рабочего цикла и т. д.

При выборе диагностических параметров изделия или системы электрооборудования руководствуются далее описанными принципами.

**Первый принцип** заключается в том, что структурные и выходные диагностические параметры объекта должны обеспечивать оценку его технического состояния без разборки. А это означает, что диагностическим параметром становятся выходные рабочие процессы изделия или системы. К таким диагностическим параметрам можно отнести вторичное напряжение

катушки зажигания, длительность искрового разряда на свечах зажигания, ток электростартера при полном торможении якоря и другие электрические характеристики.

**Второй принцип** – это однозначность диагностического параметра, то есть в процессе эксплуатации за определенный пробег автомобиля или за определенное количество часов работы двигателя параметр изменяется монотонно, а не скачкообразно.

**Третий принцип** – стабильность диагностического параметра, что означает нахождение конструктивного параметра изделия внутри заданного точностного интервала его изменения. Примером может служить выходное напряжение генераторной установки, пределы изменения которого определяет регулятор напряжения.

**Четвертый принцип** выбора диагностического параметра – его чувствительность, то есть изменение его приращения при изменении конструктивного параметра изделия в процессе расходования своего ресурса должно принимать положительное значение.

**Пятый принцип** – информативность диагностического параметра. Это комплексное свойство, объединяющее все предыдущие и характеризующее снятие неопределенности при определении технического состояния объекта диагностирования. Оно сводит к минимуму возможность принять фактически неисправный по техническому параметру объект диагностирования за исправный.

### 3.4. Диагностические параметры подшипниковых узлов качения

Требования к точности деталей подшипников качения очень высоки. Например, наружный диаметр роликов подшипников измеряется с точностью 0,10-0,15 мкм. Шероховатость поверхности беговых дорожек колец подшипников достигает  $R_z=0,05...0,025$  мкм и выше. Детали контролируются в помещении с колебаниями температуры в течение года от 0,3 до 0,5 °С. Припуски на обработку рекомендуются для черного шлифования 0,2-0,5 мм, для чистового – 0,02-0,1 мм, для тонкого – 0,01-0,02 мм и для доводки – 0,001-0,003 мм.

Возможно поэтому подшипники качения являются единственным машинным узлом трения, долговечность которого по выкрашиванию рабочих поверхностей рассчитывают на протяжении почти века с гарантией 90%. Расчет подшипника производится по известной формуле

$$Q(n \cdot h)^{0,3} = C,$$

где  $Q$  – приведенная радиальная нагрузка;  $n$  – число оборотов в минуту вращающегося кольца;  $h$  – проектная долговечность в часах;  $C$  – коэффициент работоспособности, являющийся паспортной характеристикой подшипника и определяемый на основании лабораторного испытания.

В дальнейшем, следуя в общем этой методике и ориентируясь на уравнение кривой контактной выносливости материала, стали применять расчет зубчатых колес на выкрашивание рабочих поверхностей на заранее заданный ограниченный срок службы. [4]

Срок службы  $t$  пары или детали определяется по формуле [19]:

$$t = \frac{U_{\max} - U_0}{\varepsilon},$$

где  $U_{\max}$  – предельная величина измерителя износа;  $U_0$  – начальная величина износа (прирабочный износ);  $\varepsilon$  – скорость износа.

Несмотря на внешнюю примитивность этой формулы, расчет является далеко не простым. Во-первых, нужно установить предельный износ; во-вторых, знать скорость износа.

Износ детали или сопряженной пары нередко характеризуется несколькими измерителями. Важно выявить наиболее существенный из них по влиянию на работоспособность при искажениях геометрической формы деталей. В этих условиях прибегают к стендовым испытаниям, сочетая заданные измерения геометрической формы с теоретической разработкой.

Однако определить скорость износа конкретного подшипника машины с требуемой достоверностью можно только на основании данных опыта эксплуатации. Но и здесь наблюдается большой разброс результатов. В каждый момент износ деталей является функцией многих переменных факторов таких, как неполная однородность по качеству материалов одних и тех же марок, неодинаковые исходные действительные размеры деталей в соединениях и колебания зазоров в пределах полей допусков, различные условия эксплуатации, неодинаковое качество перерабатываемого материала в технологических машинах, даже в пределах стандарта, и т. д. Особо следует отметить влияние на износ деталей влажности окружающей среды (водородный износ), его проявление может изменить скорость изнашивания в десятки раз.

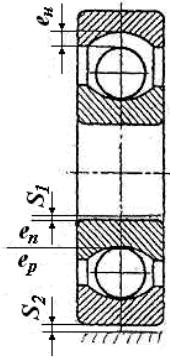
**Основными диагностическими параметрами подшипников** являются: параметры вибрации, радиальное и осевое перемещение (зазор) подшипника (вала), рабочая температура узла.

Причины повышенной вибрации, рабочей температуры и зазоров в подшипнике являются:

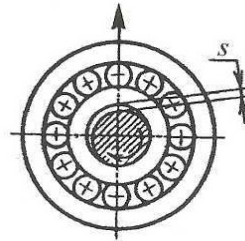
- режимы эксплуатации;
- микро- и макрогеометрия посадочных поверхностей;
- ослабление натягов посадок;
- ослабление креплений – фиксации подшипника в узле;
- несоосности, перекосы;
- снижение качества – состояние смазки.

В радиальном подшипнике качения различают следующие виды радиальных зазоров между его рабочими элементами: начальный  $e_n$ , измеряемый до установки подшипника на вал или в корпус (рис. 3.2); посадочный  $e_n$ , измеряемый в смонтированном подшипнике; рабочий  $e_p$ , измеряемый в работающем подшипнике при заданной температуре и нагрузке; зазор в сопря-

жении «подшипник- вал»  $S_1$  и зазор в сопряжении «подшипник-корпус (стан- кан)»  $S_2$ . [19]



**Рис. 3.2. Начальный зазор  $e_n$  в радиальном подшипнике**



**Рис. 3.3. Зазор «подшипник-вал» ( $s$ )**

**Параметры зазоров и посадок подшипников.** Допустим, что вал вращается с постоянным направлением нагрузки на корпус, а между валом и кольцом под нагрузкой имеется небольшой радиальный зазор  $s$  (рис. 3.3). Так как момент сил трения скольжения между внутренним кольцом подшипника и валом больше момента сопротивления со стороны тел качения, кольцо вовлекается во вращение валом при отсутствии скольжения между ними, и подшипник работает, как будто, нормально. Однако узел в целом неблагоприятен. Вал и внутреннее кольцо образуют фрикционную пару с внутренним касанием. Поскольку длина окружности внутреннего кольца по посадочному месту больше длины окружности вала, то кольцо при своем вращении «отстает» от вала. Кольцо, как более твердое, чем вал, раскатывает, развальцовывает вал с образованием наплыва металла у свободного конца подшипника. Такое повреждение может наблюдаться уже через несколько часов работы подшипника.

Внутреннее кольцо подшипника под нагрузкой должно иметь в сопряжении с валом натяг. Наружное кольцо может сопрягаться с корпусом по скользящей посадке. При этом кольцо подшипника при посадке не деформируется и создаются условия осевого перемещения кольца. Это удобно для сборки и позволяет кольцу проворачиваться, что при одностороннем направлении нагрузки может только увеличить его долговечность. Однако, в ряде случаев для сохранения стабильных вибрационных характеристик подшипниковых узлов машин наружное кольцо фиксируют в корпусе путем применения сухарей и шариков, устанавливаемых в отверстия наружного кольца подшипника.

Внутреннее кольцо, насаженное на вал с натягом (соответственно наружное кольцо, посаженное с натягом в корпус), уменьшает начальный радиальный зазор или приводит к защемлению тел качения.

Большой натяг более 15 мкм на шейке вала, например, для подшипников № 313, приводит к копированию подшипниковым кольцом геометриче-

ской формы шейки вала и, соответственно, к повышению вибрации и ускорению износа. [3]

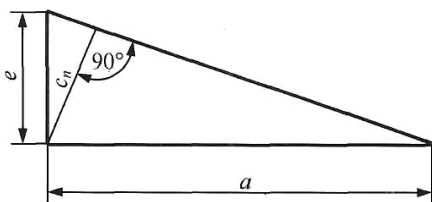
Если обозначить через  $u_1$  уменьшение зазора вследствие установки подшипника на вал или в корпус, а через  $u_2$  – суммарную величину контактных деформаций между телами качения и рабочими поверхностями колец, а также учесть, что внутреннее кольцо подшипника в силу худших условий теплоотдачи обычно имеет на  $\Delta t=5...10^\circ$  большую температуру, чем у наружного кольца, то при коэффициенте линейного расширения  $\alpha=12 \cdot 10^{-6}$  рабочий зазор определится выражением

$$ep = en - u_1 + u_2 - \alpha d_0 \Delta t,$$

где  $d_0$  – приведенный диаметр внутреннего кольца.

Без учета толщины граничного слоя или пленки смазочного материала при контактно-гидродинамической смазке можно утверждать, что наиболее выгодный рабочий зазор равен нулю. Действительно, при отрицательном зазоре тела качения в рабочей зоне нагружены не только приложенной нагрузкой, но и реакцией тел качения, размещенных на противоположной стороне. При положительном рабочем зазоре не все тела качения в нагруженной половине будут работать. Очевидно, что при прочих равных условиях с увеличением приложенной радиальной нагрузки надо увеличить натяг посадки. Все же во избежание защемления тел качения лучше иметь некоторый малый гарантированный положительный рабочий зазор.

Наличие такого зазора контролируется на слух и на ощупь по шуму и силе трения сопротивления вращению, определяемой при легком проворачивании рукой вала или корпуса подшипникового узла. Контроль качества сборки можно осуществлять по выбегу вала подшипникового узла. При разгоне руками выбег вала или корпуса подшипникового узла хорошей конструкции и качественной сборки может достигать 3 минут.



**Рис. 3.4. Зависимость между радиальным зазором и зазором по направлению контакта**

Между осевой игрой  $a$ , радиальным зазором  $e$  и зазором по направлению контакта  $c_n$  существуют зависимости (рис. 3.4) [19]:

$$e = a \operatorname{tg} \beta; \quad c_n = a \sin \beta,$$

где  $\beta$  – угол контакта.

В регулируемых радиально-упорных подшипниках осевая игра должна, в основном, компенсировать температурную деформацию вала и подшипников. Хотя в справочниках приводятся рекомендуемые пределы осевой игры, в каждом конкретном случае полезно, при наличии достаточных данных, произвести уточнение.

Если в эксплуатационной документации не указаны предельные зазоры в подшипниках качения, то их контроль можно осуществлять по данным табл. 3.3.

Таблица 3.3

### Зазоры в подшипниках качения

Внутренний диаметр подшипника, мм	Полный радиальный зазор между дорожкой качения и шариками (роликами) новых подшипников, мм		Максимально допустимый радиальный зазор при дефектации, мм
	шариковых	роликовых	
20-30	0,01-0,02	0,03-0,05	0,1
35-50	0,01-0,02	0,05-0,07	0,2
55-80	0,01-0,02	0,06-0,08	0,2
85-120	0,02-0,03	0,08-0,10	0,3
130-150	0,02-0,04	0,10-0,12	0,3

**Примечание.** Осевой зазор равен 0,3 мм.

Контроль качества сборки подшипниковых узлов и их монтажа в машине осуществляется по вибрационным характеристикам.

Изменение состояния подшипников (их износ, деформация, изменение условий контакта тел качения) непосредственно скажется и на условиях работы зубчатых пар. В этих парах возникнут дополнительные кромочные давления и возрастут динамические нагрузки, которые повлияют на их работоспособность.

### 3.5. Диагностические параметры зубчатых передач

Зубчатые передачи работают в очень тяжелых условиях. Нагрузки, которые передаются ими, обычно переменны по величине и направлению, часто носят ударный характер, что приводит к повреждениям зубов и одновременно к увеличению боковых зазоров. Зубчатая передача, которая работает нормально, характеризуется плавностью работы, однообразным и ровным шумом, равномерным контактом зубьев, хорошим состоянием поверхностей зубьев, наличием боковых и радиальных зазоров в пределах установленных норм. По мере срабатывания зубьев, шестерен, шлицевых соединений и подшипников увеличивается боковой зазор между зубьями.

Основными эксплуатационными диагностическими параметрами зубчатых передач являются боковой и радиальный зазор, а при сборке – положение и площадь пятна контакта и боковой зазор между зубьями.

Для определения технического состояния зубчатых передач в эксплуатации используют следующие диагностические параметры:

- суммарный угловой зазор передачи;
- дифференцированные значения угловых зазоров отдельных пар передачи;
- векторы силовых реакций на опоры валов;

- кинематическую неравномерность (отклонение) передаваемого момента за один оборот вала передачи;
- интенсивность изменения температуры во времени;
- виброакустические сигналы.

**Суммарный угловой зазор** состоит из угловых зазоров составных элементов передачи.

Для определения угловых зазоров в зацеплении зубчатых колес всех передач коробки передач на автомобиле поочередно включаются передачи и измеряются угловые зазоры, величина которых состоит из зазора карданной передачи, измеренного ранее, и зазора в коробке передач, последний меньше на величину зазора карданной передачи. При определении углового зазора главной передачи затормаживают задний мост автомобиля и выполняют операции по определению углового зазора карданной передачи.

Основной недостаток такого зазора как диагностического параметра – неопределенность результатов диагноза из-за возможного неравномерного срабатывания отдельных пар зацепления.

**Угловой зазор** является интегральным параметром и не дает полного представления о состоянии отдельных сопряжений и деталей. Но чрезмерно большой суммарный зазор в механизмах силовой передачи может быть, например, основанием для вскрытия (замены) коробки передач и заднего моста с целью непосредственного измерения зазоров в подшипнике и сработанности зубьев шестерен, а также визуального осмотра.

Допустимые значения бокового зазора составляют от 0,12 мм для модуля 2 мм до 0,6 мм для модуля 12 мм.

**Боковой гарантированный зазор** в червячных передачах в зависимости от величины межосевого расстояния и вида сопряжения колеблется в пределах от 55 до 750 мкм. Допустимое смещение осей конических передач составляет от 0,015 до 0,06 их торцевого модуля, а допустимое биение в зависимости от степени точности и диаметра колеблется от 20 до 480 мкм.

**Дифференцированные значения угловых зазоров** можно получать в результате анализа кривых изменения моментов сопротивлений на входном и выходном валах механической передачи в процессе выбора предварительно накопленных зазоров. Но этот метод приемлем лишь в стационарных условиях и со специальным стендом.

**Векторы силовых реакций на опоры валов** зубчатых колес и шестерен характеризуют распределение сил, действующих в зубчатых зацеплениях. Их использование является наиболее эффективным при подборе пар шестерен и колес после ремонта механических передач и также нуждается в применении стационарного стенда.

Кинематическая неравномерность проявляется как изменение угловой скорости за каждый оборот передачи; ее оценивают по результатам измерений частоты вращения за один оборот диагностируемой передачи. При этом используются специальные приборы. Самыми распространенными субъективными методами оценки являются акустические методы, которые основываются на использовании обычных или электронных стетоскопов или виброанализаторов.

**Боковым зазором** в передаче называется зазор между зубьями сопряженных колес, обеспечивающий свободный поворот одного колеса относительно другого. Боковые зазоры необходимы для компенсации погрешностей элементов передачи при изготовлении и монтаже, а также для смазки. Боковой зазор при нарезании зубьев стандартным инструментом можно обеспечить регулировкой межосевого расстояния и утончением зуба путем смещения исходного контура в направлении к центру заготовки. Первый способ имеет ограниченное применение. Он непригоден при нескольких парах сопряженных шестерен, сидящих на двух параллельных рабочих валах; его можно использовать в одно- или двухступенчатых редукторах с валами на подшипниках скольжения. Изменение расстояния между осями шестерен для получения необходимого бокового зазора вызывает уменьшение длины активной части профиля зуба и коэффициента перекрытия. Это основной недостаток таких передач помимо их технологической сложности.

При построении системы допусков на зубчатые и червячные передачи допуск на межосевое расстояние принят по симметричной системе. При отрицательном отклонении и толщине зуба (или витка), равной теоретической, произошло бы защемление зубьев. Для предупреждения этого зуб утончается, причем утончение компенсирует все виды погрешностей и деформаций.

Независимо от степени точности колес и передач гарантированный боковой зазор может быть рассчитан в соответствии с четырьмя видами сопряжений по формулам в табл. 3.4.

Таблица 3.4

### Нормы гарантированного бокового зазора

Вид сопряжения	Обозначение	Гарантированный боковой зазор, мкм
С гарантированным зазором:		
нулевым	С	0
уменьшенным	Д	$6\sqrt{A}$
нормальным	Х	$12\sqrt{A}$
увеличенным	Ш	$24\sqrt{A}$

**Примечание.**  $A$  – межцентровое расстояние в миллиметрах.

Минимальный боковой зазор в работающей цилиндрической зубчатой передаче можно определить по формуле

$$(c_n)_{min} = (|\Delta_M h_1 + \Delta_M h_2|) 2 \sin \alpha_{дн} - K - A (a_1 \Delta t_1 - a_2 \Delta t_2) 2 \sin \alpha_{дн},$$

где  $K$  – величина компенсации погрешностей, определяемая как среднеквадратичное значение:

$$K = \sqrt{(\Delta A \cdot \sin \alpha_o)^2 + (\Delta B_o)^2 + (\Delta t_o)^2 + (\delta x \sin \alpha_o)^2 + (\delta y \cos \alpha_o)^2}.$$

Третье слагаемое учитывает температурную компенсацию. Наибольший боковой зазор

$$(c_n)_{max}=(c_n)_{min}+(\delta h_1+\delta h_2+\Delta A) 2 \sin a_{\text{дн}};$$

здесь  $\Delta A$  – отклонение межцентрового расстояния;  $\Delta B_0$  – предельное отклонение направления зуба;  $\Delta t_0$  – предельная погрешность основного шага;  $\delta x$  – предельная непараллельность осей на ширине колеса;  $\delta y$  – предельный перекос осей на ширине колеса;  $\Delta_M h$  – наименьшее смещение исходного контура;  $\delta h$  – допуск на смещение исходного контура;  $a_{\text{дн}}$  – угол профиля исходного контура в нормальном сечении.

Ограничения наибольшего зазора могут встретиться в часто реверсируемых передачах; при крутильных колебаниях вопрос о роли зазоров требует специального рассмотрения.

Предельные значения износов зубчатых передач, инструменты и методы контроля диагностических параметров зубчатых передач приведены в табл. 3.5, 3.6.

Качество сборки зубчатых передач и определение причин износа зубьев оценивается по параметрам пятна контакта в зацеплении зубьев. Влияние качества изготовления и сборки передачи на положение пятна контакта приведены в четвертом разделе.

Таблица 3.5

### Предельные значения параметров износа зубчатых передач

Наименование детали и характеристики износа	Предельный допустимый износ
Зубчатые колеса – износ зубьев по толщине: - ответственных передач; - работающих при окружных скоростях до 5 м/с; - прямозубых реверсивных передач и непрямоугольных, работающих со скоростью 5-10 м/с	10% первоначальной толщины зубьев 10% 20%  15%
Боковой зазор между зубьями шестерен и колес при скорости более 2 м/с (зубчатых муфт и главных передач)	0,4-1,2 мм в зависимости от модуля и суммарного числа зубьев по верхнему пределу – 0,15; 0,8 мм – по нижнему пределу
Максимальная температура в корпусе редуктора (передачи): - для цилиндрических шестерен; - для червячной передачи	80° 95°
Усталостное выкрашивание по площади и глубине зуба	30% рабочей поверхности зуба; 10% толщины зуба
Торцовое биение зубчатых колес	0,1-0,15 мм
Смещение осей конических передач	0,15-0,06 торцового модуля
Перекос осей червяка и колеса	0,15 мм при модуле 2; 0,3 мм при модуле 10
Осевое смещение червяка	1,0 мм
Межосевое расстояние червячной передачи	0,05-0,22 мм в зависимости от величины и класса точности
Осевое смещение червяка относительно колеса	0,2 мм

**Инструменты и методы контроля диагностических параметров  
зубчатых передач автотранспортных средств**

Проверяемый параметр	Инструмент, методы контроля
1. Параллельность валов	Штангенциркуль
2. Перпендикулярность валов	Рейсмус, струна
3. Правильность зацепления зубьев: 3.1. Для цилиндрических передач: - по высоте отпечатка на сопряженном колесе; - при непараллельных валах; - при перекошенных валах. 3.2. Для конических передач: - пятно контакта; - расположение пятна касания. 3.3. Для червячных передач: - нормальный размер пятна касания	Краской  50-70% длины зуба;  отпечаток будет только с одной стороны; с разных сторон.  40-60% длины зуба, 40% высоты зуба; не должно доходить до конца головки зуба на 1,5-3 мм, а до верхней части боковой поверхности на 0,4-1 мм.  60% высоты зуба, 50% его длины
4. Зазор в зубчатых передачах	Проверяют щупом, индикатором или свинцовой проволокой
5. Температура	Термометры, термопары, термисторы, пирометры, различные датчики температуры
6. Трещины	Магнитные методы с использованием порошка

**3.6. Диагностические параметры мощности трансмиссии.  
КПД трансмиссии**

Мощность, подводимая от двигателя к ведущим колесам автомобиля, частично затрачивается в трансмиссии на преодоление трения (сухого или жидкостного).

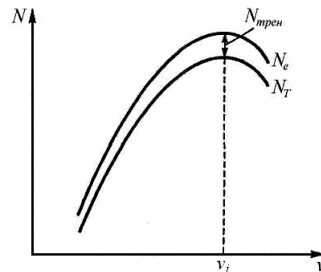
Потери мощности на трение в трансмиссии ( $N_{трени}$ ) графически показаны на рис. 3.5.

$$N_{трени} = N_e - N_T,$$

где  $N_e$  – эффективная мощность двигателя,  $N_T$  – мощность, подводимая к трансмиссии.

Величина  $N_{трени}$  включает в себя два вида потерь: механические и гидравлические.

Механические потери обусловлены трением в зубчатых зацеплениях, карданных шарнирах, подшипниках, манжетах (сальниках) и т.п. Величина этих потерь зависит главным образом от качества обработки и



**Рис. 3.5. Графическая иллюстрация потерь мощности в трансмиссии автомобиля:**

$v_i$  – одно из возможных значений скорости автомобиля

смазки поверхностей трущихся деталей.

Гидравлические потери мощности связаны с перемешиванием и разбрызгиванием масла в механизмах трансмиссии (коробка передач, раздаточная коробка, ведущие мосты и др.). Величина потерь этого вида зависит от вязкости и уровня масла, залитого в механизмы трансмиссии, частоты вращения валов и шестерен.

Потери мощности в трансмиссии оценивают с помощью КПД трансмиссии, который можно определить следующим образом [1]:

$$\eta_{mp} = \frac{N_T}{N_e} = \frac{N_e - N_{трел}}{N_e}.$$

КПД трансмиссии равен произведению КПД механизмов, входящих в ее состав:

$$\eta_{mp} = \eta_k \eta_{кар} \eta_{\partial} \eta_z,$$

где  $\eta_k$ ,  $\eta_{кар}$ ,  $\eta_{\partial}$ ,  $\eta_z$  – КПД соответственно коробки передач, карданной передачи, дополнительной коробки передач и главной передачи.

Далее приведены значения КПД трансмиссии и ее отдельных механизмов различных типов автомобилей:

- легковые автомобили – 0,90-0,92;
- грузовые автомобили и автобусы – 0,82-0,85;
- автомобили повышенной проходимости – 0,80-0,85;
- коробка передач:
  - прямая передача – 0,98-0,99;
  - понижающая передача – 0,94-0,96;
- карданная передача – 0,97-0,98;
- главная передача:
  - одинарная – 0,96-0,97;
  - двойная – 0,92-0,94.

КПД трансмиссии не остается постоянным в течение всего срока эксплуатации автомобиля. В начале эксплуатации нового автомобиля детали механизмов трансмиссии прирабатываются, и ее КПД в течение некоторого времени повышается. Далее на протяжении длительного периода он остается почти постоянным, а затем начинает снижаться вследствие изнашивания деталей, отклонения их размеров от номинальных и образования зазоров. После капитального ремонта автомобиля и последующей приработки деталей КПД трансмиссии вновь возрастает, но уже не достигает прежнего значения.

Для автомобилей, имеющих в трансмиссии гидравлические передачи (гидротрансформаторы, гидромукфы), КПД трансмиссии равен произведению механического  $\eta_M$  и гидравлического  $\eta_{гид}$  КПД:

$$\eta_{mp} = \eta_M \eta_{гид}.$$

Гидравлический КПД существенно зависит от угловой скорости валов и передаваемого момента.

**КПД трансмиссии** позволяет оценить потери мощности в трансмиссии на трение. Снижение КПД, вызванное ростом потерь мощности на трение вследствие ухудшения технического состояния механизмов трансмиссии в процессе эксплуатации, приводит к уменьшению тяговой силы на ведущих колесах автомобиля. В результате снижается максимальная скорость движения автомобиля и сопротивление дороги, преодолеваемое автомобилем.

**Передаточные числа трансмиссии.** От передаточного числа главной передачи существенно зависит максимальная скорость автомобиля. Оптимальным считается такое передаточное число главной передачи, при котором автомобиль развивает максимальную скорость, а двигатель - максимальную мощность. Увеличение или уменьшение передаточного числа главной передачи по сравнению с оптимальным приводит к снижению максимальной скорости автомобиля.

Передаточное число первой передачи коробки передач влияет на то, какое максимальное сопротивление дороги может преодолеть автомобиль при равномерном движении, а также на передаточные числа промежуточных передач коробки передач.

Передаточные числа промежуточных передач, должны обеспечивать максимальную интенсивность разгона автомобиля. Это достигается при соотношении передаточных чисел, близком к геометрической прогрессии:

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{u_2}{u_3} = \frac{u_3}{u_4} = \dots = \frac{u_n}{u_{n+1}}.$$

Увеличение числа передач в коробке передач приводит к более полному использованию мощности двигателя, росту средней скорости движения автомобиля и повышению показателей его тягово-скоростных свойств.

**Дополнительные коробки передач.** Улучшение тягово-скоростных свойств автомобиля может быть достигнуто также применением совместно с основной коробкой передач дополнительных коробок передач: делителя (мультипликатора), демумльтипликатора и раздаточной коробки. Обычно дополнительные коробки передач являются двухступенчатыми и позволяют увеличить число передач вдвое. При этом делитель только расширяет диапазон передаточных чисел, а демумльтипликатор и раздаточная коробка увеличивают их значения. Однако при чрезмерно большом числе передач возрастают масса и сложность конструкции коробки передач, а также затрудняется управление автомобилем.

### **3.7. Диагностические параметры неравномерности вращения валов трансмиссии**

Измерение кинематической погрешности зубчатых колес и передач представляет собой сложную метрологическую задачу. Это связано с необходимостью контроля показателей звена со сложной геометрической формой поверхностей, участвующих в зацеплении. Контроль зубчатых колес и

шлицевых соединений, имеющих эксплуатационный износ, представляет собой еще большую сложность, так как в связи с нарушением базисных поверхностей использование статических методов испытаний невозможно и вряд ли целесообразно по причине отсутствия учета возмущений реальной динамической системы, какой, например, является трансмиссия автомобиля, носящая как параметрический, так и кинематический характер. Обычно используемые при диагностике технического состояния таких систем показатели мощности механических потерь имеют недостаточную точность и не универсальны.

Более совершенен метод диагностирования передаточных систем вращательного движения, основанный на измерении показателей неравномерности изменения угловой скорости по углу поворота ведущих и ведомых валов кинематических пар, суть которого поясняется следующим.

Поскольку главным требованием к кинематической системе является сохранение заданного передаточного отношения в любой момент времени, то его можно представить как требование равномерного перемещения точки зацепления по линии действия при равномерном вращении ведущего колеса. Согласно теории зубчатых зацеплений, такое перемещение определяется приращением линии действия по углу поворота  $\varphi$

$$\mu_p = \mu_T + \Delta\mu = \int_{\varphi^1}^{\varphi^2} r_0 d\varphi = \int_{\varphi^1}^{\varphi^2} r_{0T} d\varphi + \int_{\varphi^1}^{\varphi^2} \Delta r_0 d\varphi, \quad (3.1)$$

где  $\mu_p$ ,  $\mu_{0T}$ ,  $\Delta\mu$  – приращения линии действия в реальном механизме, соответственно теоретическое и определяемое ошибками зацепления;  $r_{0T}$  – теоретический радиус заданной основной окружности;  $\Delta r_0$  – ошибки радиуса основной окружности, определяемые реальными размерами и формой зубчатого колеса.

Как видно из (3.1), погрешность зацепления

$$\Delta\mu = \Delta F = \int_{\varphi^1}^{\varphi^2} r_{0T} d\varphi \quad (3.2)$$

оценивается по ее кинематическому эффекту и носит название действующей ошибки  $\Delta F$ , представляющей собой сумму всех ошибок, приведенных к линии действия. Соответственно и суммарная действующая ошибка  $\Sigma\Delta F_{II}$  пары зубчатого зацепления в каждый момент времени определяется алгебраической суммой действующих ошибок  $\sum_{i=1}^n \Delta F_i$  всех зацеплений, что и проявляется при реальной работе передачи.

Вследствие наличия ошибок  $\Sigma\Delta F_{II}$ , пропорциональных по величине структурным изменениям в зубчатых зацеплениях, угол поворота ведомого колеса относительно ведущего изменится на величину  $\Delta\varphi$

$$\varphi_p = \varphi_T + \Delta\varphi = \varphi_T + \frac{\Sigma\Delta F_{II}}{r'_{0T}\Delta\tau}, \quad (3.3)$$

где  $\varphi_p, \varphi_T$  – реальный и теоретический углы поворота вала;  $r'_{OT}$  – расчетный радиус основной окружности ведомого колеса.

Дифференцируя по времени (3.3), можно представить ее в виде реальной угловой скорости вращения ведомого колеса

$$\omega_p = \omega_T + \Delta\omega = \omega_T + \frac{\sum \Delta F_{II}}{r'_{OT} \Delta \tau}, \quad (3.4)$$

где  $\omega_T$  – угловая скорость вращения ведомого вала в отсутствии зазора в зубчатом зацеплении;  $\Delta\omega$  – разность значений угловой скорости ведущего и ведомого валов из-за наличия зазора в зубчатом зацеплении.

Выражение (3.4) показывает, что при прокручивании ведущего вала с постоянной угловой скоростью с увеличением структурных изменений в зубчатом зацеплении неравномерность вращения ведомого вала возрастает.

С другой стороны, из-за структурных изменений в кинематической паре зубья не перекатываются один по другому, а передают периодически изменяющийся крутящий момент от ДВС ударным образом. Такой характер передачи момента приводит к дополнительному расходу кинетической энергии ведущей шестерни, увеличивая тем самым момент сопротивления на валу двигателя. Отметим, что кинетическая энергия ударного воздействия практически не зависит от изменения инерционной массы сопряженных деталей при их износе, а определяется скоростью соударения, которая возрастает с увеличением зазора (люфта). При этом на прокручивании передаточной динамической системы с той же частотой вращения необходимо большее значение избыточной работы  $A_n$  крутящего момента двигателя, что также приводит к увеличению коэффициента неравномерности  $\delta$ . Таким образом, при совместном прокручивании стартером ДВС с трансмиссией вывешенного на подъемнике автомобиля значения показателей изменения угловой скорости на ведущих и ведомых элементах передаточной системы по углу их поворота в пределах полного кинематического цикла поэлементно характеризуют техническое состояние всех звеньев трансмиссии.

### **3.8. Диагностические параметры карданной передачи, коробки отбора мощности и шлицевых соединений**

**Оценка технического состояния карданных передач.** К параметрам технического состояния принадлежат дисбаланс, биение вала (изгиб), зазоры в подшипниках и соединениях, шумы, стуки и вибрация. При диагностировании автомобиля основными диагностическими параметрами являются суммарный угловой зазор и биение вала, дисбаланс и контроль затяжки болтовых соединений фланцев карданных валов.

Стук при резком изменении частоты вращения свидетельствует о работанности подшипников втулок крестовины кардана. Стук, который слышен во время движения машины накатом, связан с ослаблением креплений или работанностью подшипников промежуточной опоры. Вибрация кар-

данных валов свидетельствует о нарушении их балансировки. Карданную передачу диагностируют измерением ее окружного люфта в карданах и шлицевых соединениях. Биение карданных валов грузовых машин не должно превышать 1,2 мм. Предельные значения угловых зазоров в трансмиссии грузовых автомобилей составляет в карданной передаче 5-6°.

Блок-схема структурно-следственных связей элементов карданной передачи представлена на рис. 3.5.



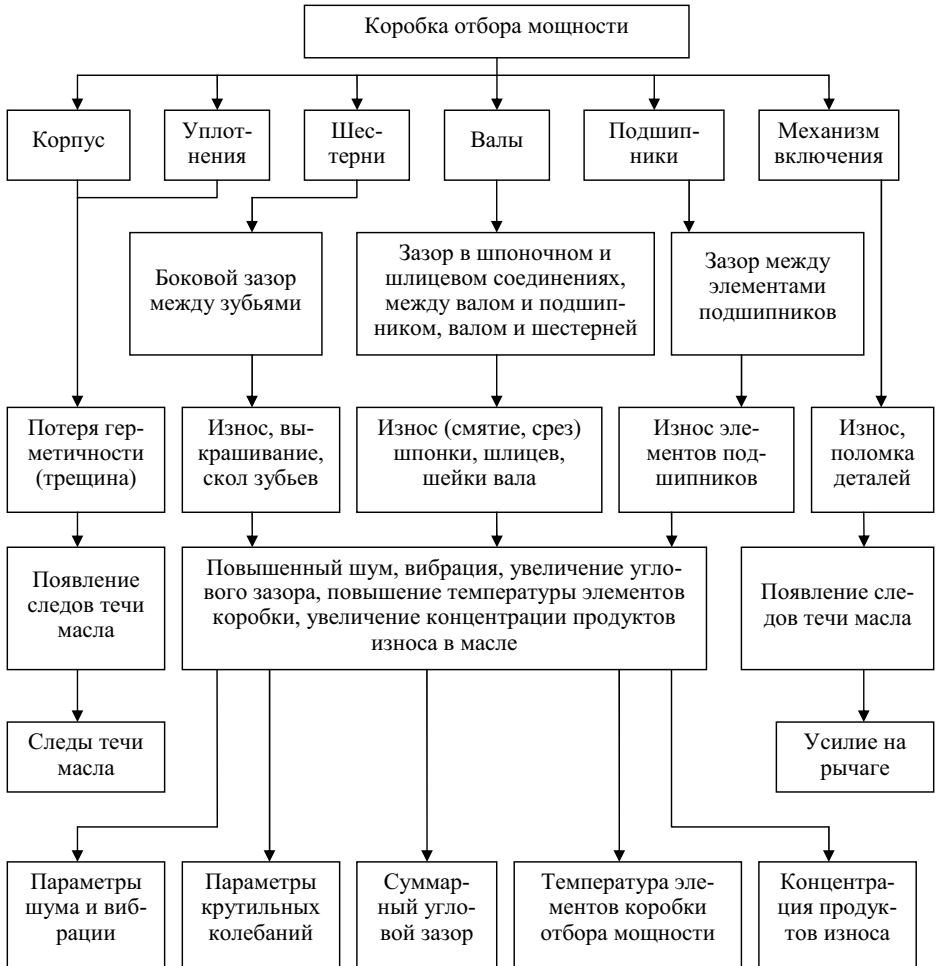
**Рис. 3.5. Блок-схема структурно-следственных связей элементов карданной передачи**

**Оценка технического состояния шлицевых и шпоночных соединений.** Контроль за шлицевыми и шпоночными соединениями осуществляется путем оценки сработанности пазов и шлицев. Допустимые зазоры в шлицевых соединениях должны не превышать 0,4 мм для реверсивных и 0,5 мм для остальных передач.

Допустимые зазоры в соединениях шпонок равняются 0,3 мм для валов диаметром 25-90 мм; 0,4 мм - для валов диаметром 91-170 мм и 0,5 мм – для валов диаметром свыше 170 мм. В случае замены шпонки на большую расширять паз шпонки больше чем на 15% не допускается.

Диагностические параметры коробки отбора мощности аналогичны приведенным для механической коробки передач, зубчатых передач и подшипниковых узлов качения.

Блок-схема структурно-следственных связей элементов коробки отбора мощности приведена на рис. 3.6.



**Рис. 3.6. Блок-схема структурно-следственных связей элементов коробки отбора мощности**

### Контрольные вопросы к подразделам 3.1, 3.2

1. Какие общие диагностические параметры механической трансмиссии?
2. Приведите ряд структурных и диагностических параметров механической трансмиссии.
3. Какие диагностические параметры сцепления?

4. Назовите диагностические параметры механических коробок передач.
5. Какие диагностические параметры карданной передачи?
6. Какие диагностические параметры главной передачи?

### **Контрольные вопросы к подразделам 3.3, 3.4**

7. Приведите типичные диагностические параметры автоматических коробок передач.
8. Какая последовательность устранения неисправностей силового агрегата?
9. Приведите возможные проявления неисправностей подшипников качения и их причины.
10. Какие основные диагностические параметры подшипниковых узлов качения?
11. При каких повреждениях и износах подшипников качения не допускается их повторное использование после демонтажа?

### **Контрольные вопросы к подразделам 3.5, 3.6**

12. Какие основные эксплуатационные диагностические параметры зубчатых передач?
13. Объясните, может ли при сборке главной зубчатой передачи трансмиссии основным параметром быть угловой зазор в зацеплении?
14. Какие диагностические параметры необходимо контролировать при оценке качества сборки зубчатых передач?
15. Приведите предельные значения диагностических параметров износа зубчатых передач.
16. Какие характерные неисправности можно определить по положению пятна контакта в зубчатом зацеплении?
17. По каким параметрам пятна контакта зубчатого зацепления можно определить дефекты перекоса и межосевого расстояния передачи?
18. Какие значения КПД трансмиссии и ее отдельных механизмов различных типов автомобилей?
19. В каких случаях КПД трансмиссии может служить диагностическим параметром ее технического состояния?

### **Контрольные вопросы к подразделам 3.7, 3.8**

20. Объясните, может ли неравномерность вращения валов служить диагностическим параметром?
21. По каким параметрам карданной передачи можно оценить ее техническое состояние?
22. Какие признаки неисправности можно оценить по вибрации карданной передачи?
23. По каким параметрам шлицевых и шпоночных соединений можно оценить их техническое состояние?

## 4. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРАНСМИССИИ

### 4.1. Диагностирование механических и гидромеханических систем трансмиссии

Трансмиссия транспортных машин является основной частью силового агрегата. Техническое состояние трансмиссии оказывает влияние на механические потери в силовой передаче и, соответственно, на тяговую силу на ведущих колесах; на затраты топлива; на количество выброса токсичных веществ в отработанных газах.

На агрегаты и механизмы трансмиссии (сцепление, карданная передача, коробка передач, раздаточная коробка, главная передача и бортовые редукторы) приходится 10-15% всех отказов, при этом материальные и трудовые затраты составляют 40% всех затрат. Для устранения неисправностей автоматической трансмиссии (автоматической, полуавтоматической и гидромеханической передач), являющейся наиболее сложным и дорогостоящим агрегатом автомобиля, требуется до 25% материальных и трудовых ресурсов. [5]

При диагностировании трансмиссии прежде всего учитывают результаты внешнего осмотра, сведения водителя о шумах, вибрациях и перегревах агрегатов; утечках масла; продолжительности движения автомобиля накатом (механические потери); самопроизвольном выключении передач или трудностях их включения, наблюдаемых в процессе работы на линии. Перед диагностированием всей трансмиссии или отдельного ее агрегата необходимо проводить техническое обслуживание на соответствие требованиям эксплуатационной документации.

**Диагностическими параметрами трансмиссии при неработающем двигателе** являются: свободный ход педали, угловой зазор в карданной передаче, биение карданной передачи, суммарный люфт коробки передач на различных передачах, содержание продуктов износа в масле агрегатов, уровень масла в агрегатах трансмиссии.

Диагностирование агрегатов трансмиссии начинают с контроля свободного и полного хода педали и вилки включения сцепления, оценки пробуксовки сцепления, измерения люфтов в карданной передаче, в подшипниковых узлах, а также зазора между зубьями коробки передач и главной передачи.

Агрегаты трансмиссии можно проверять при рабочем и пробном движении автомобиля, а также на нагрузочном стенде. В последнем случае в зависимости от конструкции стенда коробку передач, карданную передачу и задний мост диагностируют по характеристикам переключения передач, по параметрам изнашивания зубчатых зацеплений и подшипниковых узлов, по вибрации и шуму, по оценке суммарного углового и радиальных зазоров, проскальзываний сцепления.

### 4.1.1. Контроль технического состояния педали сцепления

Параметры контроля состояния педали сцепления – это: свободный ход; пробуксовка; полнота включения сцепления, что определяется легкостью включения педали (без заедания) и возвратом под действием пружины в исходное положение.

Для контроля свободного хода педали сцепления используют линейку с делениями и двумя движками (рис. 4.1, а). Проверку свободного хода осуществляют в следующей последовательности:

- один конец линейки устанавливают упором в пол кабины так, чтобы площадка педали сцепления была расположена между движками линейки;
- нажав руками на педаль полностью выбирают ее свободный ход до упора. Это положение отмечается на линейке вторым движком;
- по расстоянию между движками определяют значение свободного хода педали и сравнивают его с нормативным, указанным в инструкции по эксплуатации автомобиля.

Увеличение свободного хода педали сцепления приводит к неполному включению сцепления, ускоренному износу синхронизаторов коробки передач и скрежету муфт о зубчатые венцы шестерен при переключении передач.

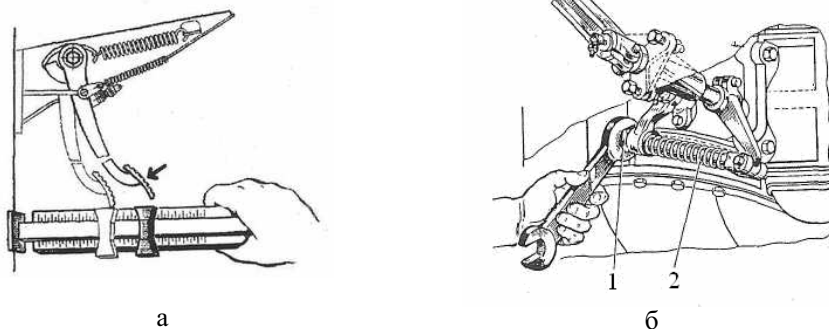


Рис. 4.1. Схема проверки свободного хода педали сцепления (а) и его регулировка при механическом приводе (б):

1 – гайка; 2 – тяга

Уменьшение величины свободного хода педали сцепления вызывает при работе двигателя постоянное трение выжимного подшипника об опорную пятю и быстрый выход последнего из строя. Если педаль сцепления не имеет свободного хода, уменьшается нажатие нажимного диска сцепления на фрикционную накладку ведомого диска, вследствие чего появляется постоянное пробуксовывание дисков и сцепление быстро приходит в негодность.

Регулировку свободного хода педали сцепления при механическом приводе (рис. 4.1, б) производят изменением длины тяги 2, которая соединяет рычаг оси педали с вилкой выключения.

У большинства грузовых автомобилей эту регулировку выполняют, разъединяя тягу с деталями привода. Достаточно лишь отвернуть (навер-

нуть) гайку 1 на тяге. При отвертывании гайки свободный ход будет увеличиваться, а при наворачивании – уменьшаться.

На автомобилях модели «МАЗ» регулировка свободного хода педали сцепления проводится так же, как описано, с той лишь разницей, что необходимо разъединять тягу и изменять ее длину, отвертыванием (или наворачиванием) находящейся на ней вилки.

Регулировка свободного хода педали сцепления при гидроприводе имеет существенные отличия, так как свободный ход педали складывается из хода поршня главного цилиндра, зазоров между толкателем и поршнем главного цилиндра, зазора между упорным подшипником и концами рычагов выключения механизма сцепления.

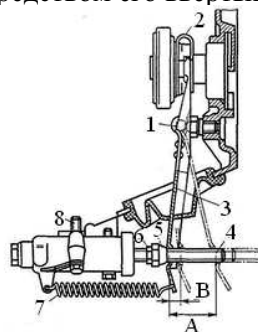
Свободный ход педали сцепления (рис. 4.2) регулируют с помощью гайки 5 и фиксирующей контргайки 6. Для нормальной работы сцепления необходимо проверить величину полного хода штока 4: меньший полный ход штока относительно заданной величины не обеспечит полного выключения сцепления и, кроме того, будет указывать на возможное присутствие воздуха в гидравлическом приводе.

Величина полного хода педали сцепления при гидравлическом приводе регулируется изменением длины толкателя посредством его ввертывания или вывертывания (автомобили «Москвич» и ГАЗ) или ограничителем хода педали сцепления (автомобили ВАЗ). После этого проверяют величину свободного хода педали сцепления, который складывается из ходов, соответствующих зазорам в сочленениях деталей подвески педали, между толкателем и поршнем главного цилиндра, а также между подшипником и пятой сцепления.

В гидравлическом приводе сцепления перед проверкой величины свободного хода педали сцепления проверяют герметичность привода включения сцепления, отсутствие воздуха в системе и наличие достаточного количества тормозной жидкости в ней.

Для удаления воздуха из системы гидравлического привода сцепления необходимо сделать следующее:

- заполнить питающий бачок жидкостью для гидропривода, надеть на головку штуцера 8 рабочего цилиндра шланг, нижний конец которого погружить в сосуд с жидкостью для гидропривода;
- отвернуть штуцер 8 на пол-оборота;
- резко нажимать и плавно отпускать педаль сцепления до тех пор, пока из шланга не перестанут выходить пузырьки воздуха;
- нажав на педаль, завернуть штуцер до отказа.



**Рис. 4.2. Регулировка свободного хода штока рабочего цилиндра сцепления:**

- 1 – шаровая опора; 2 – пружина; 3 – вилка выключения сцепления; 4 – шток; 5 – регулировочная гайка; 6 – контргайка; 7 – оттяжная пружина; 8 – штуцер; А, В – полный и свободный ход рычага

Если в процессе прокачки гидропривода сцепления в течение длительного времени из шланга будут выходить пузырьки, необходимо проверить герметичность соединений в штуцерах и шлангах, а при исправности последних заменить уплотнительные манжеты главного и рабочего цилиндров.

Чтобы при прокачке воздух не засасывался главным цилиндром, необходимо следить, чтобы уровень жидкости в питающей бачке был всегда выше отверстия соединения с главным цилиндром сцепления, а конец шланга, используемого для прокачки, находился постоянно в жидкости.

Герметичность привода сцепления автомобилей КамАЗ (рис. 4.3) проверяют нажатием на педаль сцепления 1 два-три раза. Сильная утечка воздуха обнаруживается на слух, а слабая – с помощью мыльного раствора.

Особое внимание следует обратить на трубопровод 5. Утечку тормозной жидкости проверяют визуально. При обнаружении негерметичности привода ее устраняют подтяжкой или заменой негерметичных элементов.

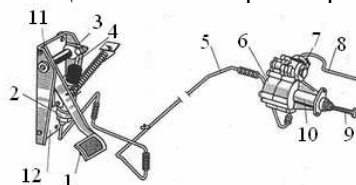
Пневматический усилитель закреплен двумя болтами на фланце картера сцепления (делителя) с правой стороны силового агрегата. При нажатии на педаль сцепления давление рабочей жидкости из главного цилиндра передается в пневмоусилитель сцепления и на поршни гидравлического и следящего устройства, которое автоматически изменяет давление воздуха в силовом пневмоцилиндре усилителя пропорционально усилию на педали сцепления.

Проверяют уровень жидкости в бачке гидропривода сцепления, который должен быть на 15-20 мм ниже кромки горловины бачка. При необходимости доливают тормозную жидкость

Затем закрепляют пневмоусилитель сцепления, затянув болты его крепления (момент затяжки 90-100 Н·м). При техническом обслуживании необходимо отрегулировать привод сцепления, проверив и установив свободный ход педали сцепления, свободный ход выключения сцепления и полный ход толкателя пневмоусилителя.

При контрольных регулировках привода сцепления устанавливают нормативное значение свободного хода педали сцепления, свободный ход включения сцепления и полный ход толкателя пневмоусилителя.

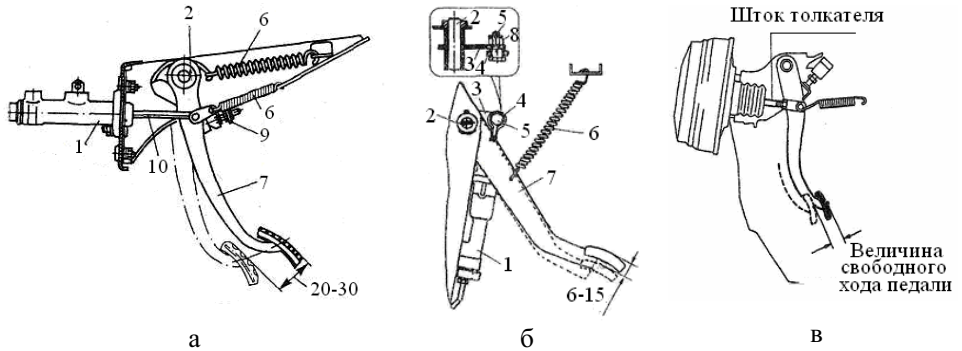
Свободный ход педали сцепления, соответствующий началу работы главного цилиндра, должен составлять 6-15 мм (рис. 4.4). Если свободный ход превышает указанные пределы, регулируют зазор А (рис. 4.5) между поршнем и толкателем поршня главного цилиндра. Для регулировки педаль сцепления устанавливают в крайнее верхнее положение, и, предварительно расшплинтовав и ослабив корончатую гайку 8, (см. рис. 4.4), поворачивают



**Рис. 4.3. Привод сцепления грузовых автомобилей КамАЗ:**

- 1 – педаль; 2, 10 – цилиндры; 3 – рычаг;
- 4, 9 – штоки; 5 – трубопровод; 6 – пневмоусилитель; 7 – перепускной клапан (следящее устройство); 8 – воздухопровод;
- 11, 12 – верхний и нижний упоры движения педали

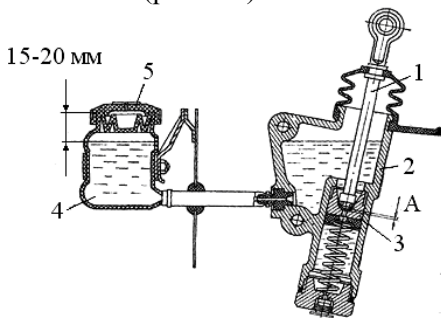
эксцентриковый палец 5, который соединяет верхнюю проушину 4 толкателя с рычагом 3 так, чтобы перемещение педали от верхнего упора до момента касания толкателем поршня составило 6-15 мм, после чего затягивают и зашплинтовывают корончатую гайку 8.



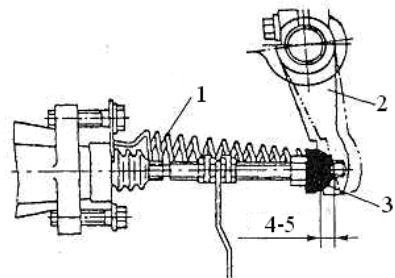
**Рис. 4.4. Проверка и регулировка свободного хода педали сцепления автомобиля ВАЗ (а), КамАЗ (б) и легкового автомобиля ТОУОТА (в):**

1 – главный цилиндр сцепления; 2 – ось педали; 3 – рычаг толкателя; 4 – проушина толкателя; 5 – эксцентриковый палец; 6 – пружина; 7 – педаль; 8 – корончатая гайка; 9 – ограничитель; 10 – шток толкателя

Полный ход педали сцепления (для автомобиля КамАЗ 185-195 мм) регулируют, изменяя положение расположенного в верхней части педали подвижного упора 11 (см. рис. 4.5), после чего упор фиксируют контргайкой. Свободный ход выключения сцепления должен составлять 3,2-4,0 мм, что соответствует свободному ходу рычага вала вилки выключения сцепления 4-5 мм (рис. 4.6).



**Рис. 4.5. Главный цилиндр с бачком:** 1 – толкатель поршня; 2 – корпус; 3 – поршень; 4 – корпус бачка; 5 – пробка бачка; А – зазор свободного хода толкателя главного цилиндра



**Рис. 4.6. Проверка и регулировка свободного хода рычага вала вилки выключения сцепления:**

1 – пружина; 2 – рычаг вала вилки выключения сцепления; 3 – сферическая гайка

Свободный ход выключения сцепления проверяют перемещением вручную рычага 2 (рис. 4.6) при предварительно отсоединенной пружине 1. Регулируют свободный ход рычага сферической гайкой 3 толкателя пнев-

моусилителя, после чего подсоединяют пружину 1 к рычагу 2. Полный ход толкателя пневмоусилителя должен быть не менее 25 мм. При меньшей величине хода не обеспечивается полное выключение сцепления. Полный ход толкателя пневмоусилителя проверяют при нажатии педали сцепления до упора. В случае недостаточного хода толкателя пневмоусилителя еще раз проверяют свободный ход педали сцепления и уровень жидкости в бачке главного цилиндра привода сцепления, при необходимости удаляют воздух из гидросистемы.

Прокачивать гидросистему следует вдвоем. Резиновый защитный колпачок перепускного клапана 7 (см. рис. 4.3) очищают от пыли и грязи, снимают и надевают на головку клапана резиновый шланг. Свободный конец шланга опускают в стеклянный сосуд объемом 0,5 л, заполненный на 1/3-1/4 высоты рабочей жидкостью. Резко нажав три-четыре раза на педаль сцепления и, удерживая педаль в нажатом положении, отвертывают на полтора-один оборот перепускной клапан. О наличии воздуха в гидросистеме свидетельствует выделение пузырьков воздуха из рабочей жидкости, поступающей по шлангу в стеклянный сосуд. После прекращения выхода жидкости с нажатой педалью следует завернуть перепускной клапан. При этом необходимо следить за уровнем рабочей жидкости в бачке главного цилиндра – уровень должен быть не ниже 40 мм от верхнего края бачка. Процедуру повторяют до тех пор, пока не прекратится выделение пузырьков воздуха из рабочей жидкости, поступающей по шлангу в стеклянный сосуд. Далее, завернув до отказа перепускной клапан, снимают с него шланг, надевают защитный колпачок и доливают рабочую жидкость в бачок главного цилиндра до нормального уровня. Слитая тормозная жидкость может быть использована повторно после ее отстоя для полного удаления воздуха и фильтрации. Качество прокачки проверяют по величине полного хода толкателя пневмоусилителя.

При контрольных регулировках привода сцепления устанавливают нормативное значение величины свободного хода педали сцепления, свободный ход включения сцепления и полный ход толкателя пневмоусилителя. Нормативные значения регулируемых параметров указываются в технической документации на конкретный автомобиль.

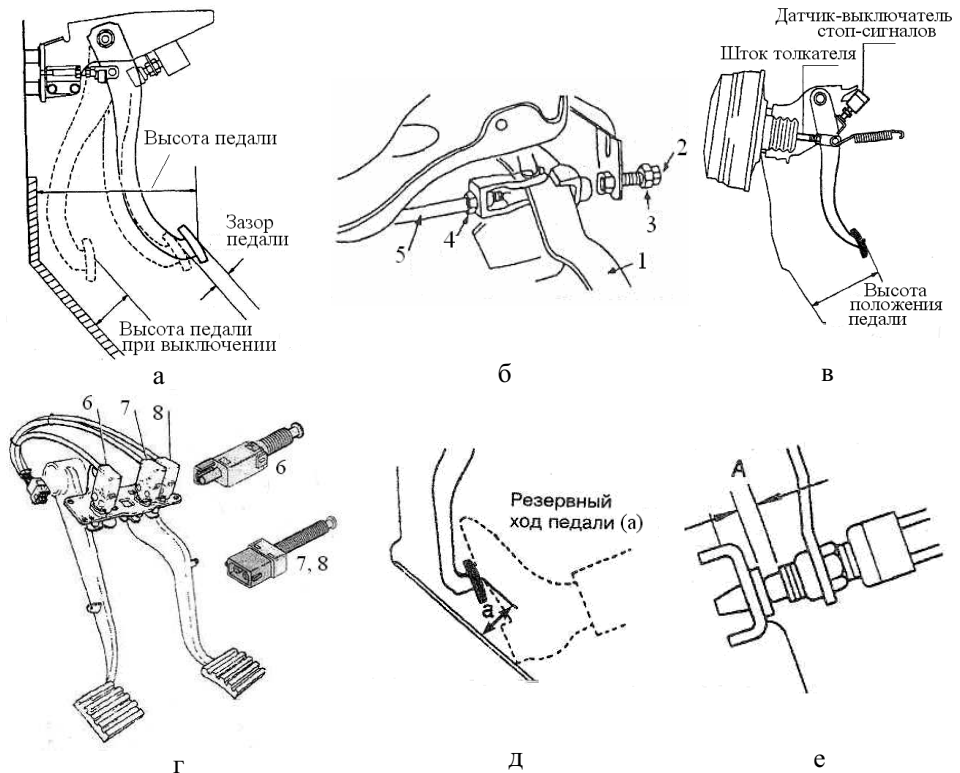
**Свободный ход педали сцепления** (для большинства отечественных автомобилей равен 30-50 мм) регулируют по зазору между концами рычажков и подшипников муфты выключения сцепления (1,5-4 мм), изменяя длину тяги педали вращением гайки или вилки тяги. При обслуживании сцеплений, у которых сжатие дисков осуществляется центральной пружиной, регулировке свободного хода педали предшествует регулировка силы сжатия пружины. У сцеплений с гидравлическим приводом свободный ход педали дополнительно регулируют, изменяя зазор между толкателем и поршнем главного цилиндра.

Высота педали сцепления легкового автомобиля KIA Sephia (с четырехцилиндровым двигателем типа SONC, 60 кВт) от напольного коврика должна составлять 196-204 мм (рис. 4.7, а). Зазор педали определяется следующим образом: нажать на педаль пока не будет ощутимо сопротивление

сцепления. Номинальное значение зазора составляет 3-9 мм, минимальная высота педали при выключении сцепления – 41 мм (рис. 4.7, а). Отрегулировать педаль можно, не демонтируя ее.

Расстояние между фрикционной накладкой сцепления и головками заклепок не должно быть менее 0,3 мм. Максимальное боковое биение диска сцепления – 0,7 мм, боковое биение маховика – 0,2 мм. При монтаже маховик затягивается с усилием 96-103 Н·м, нажимной диск – 18-26 Н·м.

Однодисковое «сухое» сцепление автомобиля Daewoo Nexia в зависимости от модификации автомобиля имеет механический или гидравлический привод. Механический вариант имеет привод через тросовую тягу. Привод саморегулируемый, зазор составляет 0 мм, ход педали – 138-146 мм и регулируется со стороны коробки передач. Зазор и ход педали сцепления с гидравлическим приводом регулируется на педали (рис. 4.7, б).



**Рис. 4.7. Контролируемые параметры педали (а, б, в), резервный ход педали (а) и расстояние А между датчиком-выключателем и упором педали (д, е):**

1 – педаль сцепления; 2 – винт; 3, 4 – предохранительные гайки; 5 – нажимная штанга; 6 – выключатель сцепления; 7 – выключатель стоп-сигнала; 8 – дублирующий выключатель стоп-сигнала

Зазор в педали сцепления с гидравлическим приводом определяют до тех пор, пока не будет ощутимо сопротивление сцепления: зазор должен со-

ставлять 8-15 мм. Ход педали должен быть в пределах 130-136 мм. Эти параметры можно регулировать со стороны педали, не демонтируя ее. Цилиндр-датчик и цилиндр-приемник можно разобрать и проверить.

Максимально допустимое биение диска сцепления составляет 0,8 мм. При монтаже маховик затягивается моментом  $35 \text{ Н}\cdot\text{м} + (30-45^\circ)$ , а нажимной диск – моментом  $15 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

На автомобилях позднего выпуска, оснащенных датчиком педали акселератора (APP), отсутствует трос. Датчик APP контролирует угловое положение педали акселератора и посылает соответствующую информацию в модуль РСМ, который управляет выходным исполнительным устройством – электромагнитом дроссельной заслонки. Электромагнит дроссельной заслонки открывает и закрывает дроссельную заслонку. На некоторых автомобилях датчик APP расположен внутри моторного отделения и в этом случае имеется «трос акселератора», соединяющий педаль акселератора с датчиком APP.

#### 4.1.2. Проверка пробуксовки сцепления

Общее техническое состояние сцепления определяют по степени пробуксовки сцепления при испытаниях автомобиля на стенде с беговыми барабанами. Если сцепление исправно, обороты карданного вала под нагрузкой остаются постоянными – синхронизированными с частотой оборотов двигателя, а в случае пробуксовки фрикционных накладок сцепления – обороты снижаются. Для измерения оборотов карданного вала используют стробоскопические приборы (например, модели 4912 фирмы Брюль и Кьер, рис. 4.8). Измерения проводят на прямой передаче при создании на ведущих колесах нагрузки величиной не менее  $M_{\text{об}} \cdot i_0$ , где  $M_{\text{об}}$  – максимальный момент, развиваемый двигателем;  $i_0$  – передаточное число главной передачи.

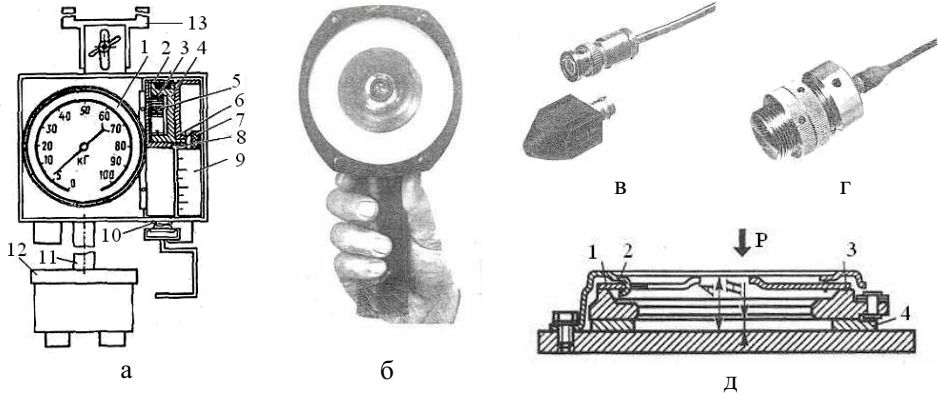
При проверке на карданный вал в месте, доступном для освещения стробоскопом, наносят меловую отметку. Для создания нагрузки на сцепление колесную машину устанавливают на стенд с беговыми барабанами, включают прямую передачу и стробоскопом освещают вращающийся карданный вал. При отсутствии пробуксовки сцепления меловая отметка будет казаться неподвижной, поскольку он работает с коленчатым валом двигателя как одно целое; если наблюдается проворачивание карданного вала, то сцепление пробуксовывает.

**Устройство для проверки сцепления автомобиля**, представленное на рис. 4.8, а, состоит из измерителя усилия и указателя хода педали. Измеритель усилия включает в себя манометр 1, датчик 12 с захватом для фиксации на педали сцепления и гибкий шланг 11.

Указатель хода педали состоит из свободного сидящего на оси корпуса 2 барабана 4, спиральной пружины 5, металлической ленты 10 с крючком, охватывающей барабан 4 и прикрепленной к нему внутренним концом барабана со шкалой 9, свободно сидящего на ступице барабана 4 и прижатого к нему с помощью пружины 6 и винта 7. Спиральная пружина 5 разме-

щена в углублении барабана 4, внешний конец ее посредством пальца 3 прикреплен к корпусу 2.

Корпус имеет прорезь для выхода внешнего конца металлической ленты 10 и риску 8 для установки нулевого деления шкалы барабана 9.



**Рис. 4.8. Устройство для проверки сцепления (а), стробоскоп (б) с комплектующими (в, г) и контроль снятого сцепления (д):**

**а:** 1 – манометр; 2 – корпус; 3 – палец; 4 – барабан; 5 – спиральная пружина; 6 – пружина; 7 – винт; 8 – риска; 9 – барабан со шкалой; 10 – металлическая лента; 11 – шланг; 12 – датчик; 13 – устройство крепления; **б:** стробоскоп; **в:** тахометрический датчик ММ0012; **г:** электромагнитный преобразователь ММ0002; **д:** 1 – нажимная пружина; 2 – кожух сцепления; 3 – нажимной диск; 4 – промежуточное кольцо; Н – толщина кольца; Р – сила, действующая на лепестки пружины; А – расстояние от основания приспособления до концов лепестков пружины

Манометр с механизмом указателя хода педали размещен в корпусе, укрепляемом на ободу рулевого колеса с помощью направляющей с лапками 13 передвижной вилки, винта и барашковой гайки.

На динамометрическом стенде создается нагрузка на ведущие колеса автомобиля, соответствующая максимальному крутящему моменту. Нажатием на датчик 12 оператор приводит в движение педаль сцепления. По показаниям приборов определяют свободный ход педали и усилие на преодоление сил трения в приводах сцепления и действия оттяжных пружин. Продолжая перемещать педаль, фиксируют ее усилие и ход, соответствующие началу пробуксовки. По усилию, приложенному к педали, при ее движении от конца свободного хода до начала пробуксовки определяют эффективность действия сцепления, а по величине свободного хода и хода педали до начала пробуксовки дисков – техническое состояние сцепления.

Для контроля технического состояния гидроприводов сцепления используют специальное устройство, устанавливаемое на педаль, которое параллельно измеряет силу нажатия на педаль и соответствующее этой силе перемещение педали. С помощью двухкоординатного самописца записывают зависимость перемещения от силы нажатия. Разные неисправности (большие зазоры или отсутствие свободного хода, потеря или поломка пружин, попадание воздуха в гидросистему) вызывают изменение угла наклона диаграммы и появление на ней разных ступенек.

Сняв сцепление, необходимо осмотреть поверхности трения маховика и нажимного диска, обратив внимание на отсутствие царапин, задиров, забоин и следов износа. Проверить осевое биение маховика, которое не должно превышать 0,2 мм. Проверить коробление нажимного диска и при его наличии шлифовать рабочую поверхность. Поверхность трения диска после шлифования должна быть плоской, допускаемая вогнутость не более 0,08 мм. Выпуклость не допускается, а чистота поверхности должна быть не ниже 1,6 мкм.

Для проверки состояния ведущей части сцепления надо установить кожух в сборе с нажимным диском на приспособлении с промежуточным кольцом 4 (рис. 4.8, д) толщиной  $H$ . Это приспособление имитирует маховик с ведомым диском. Закрепив кожух сцепления, выполнить три выключения, прикладывая к лепесткам нажимной пружины нагрузку не более  $P$ , и измерить величину отхода нажимного диска. Перемещению пружины должен соответствовать ход диска. Измерить расстояние от основания приспособления до плоскости концов лепестков пружины. Оно должно находиться в пределах размера  $A$  (40-43 мм для автомобилей ВАЗ и «Москвич-2141» и 46-49 мм для автомобиля «Москвич-2140») для нового сцепления. В процессе работы сцепления за счет износа дисков сцепления этот размер увеличивается. Если оно предельное или если уменьшилось перемещение нажимного диска, то кожух сцепления в сборе с нажимным диском, диафрагменной пружиной и упорным фланцем следует заменить. Дисбаланс по массе вновь установленного комплекта не должен превышать 20 г/см.

Биение лепестков нажимной пружины, измеренное на диаметре нажимного кольца, должно быть не более 1,0 мм, а биение рабочей поверхности нажимного диска – не более 0,35 мм.

На нажимном диске автомобиля ГАЗ-24 «Волга» необходимо отрегулировать рычаги выключения сцепления, для чего, закручивая или откручивая регулировочные сферические гайки опорных вилок, добиться заданного размера ( $51 \pm 0,25$ ) мм с разницей по каждому рычагу не более 0,3 мм. Затем гайки раскернить.

Диагностические параметры сцепления других автомобилей указываются в эксплуатационной документации.

## **4.2. Контроль зазоров в зубчатых передачах, подшипниковых узлах и биения валов агрегатов трансмиссии**

### **4.2.1. Диагностирование зубчатых передач**

**Характеристика и нормы диагностических параметров.** Зубчатые передачи работают в очень тяжелых условиях. Нагрузки, которые передаются ими, обычно переменны по величине и направлению, часто носят ударный характер, что приводит к повреждениям зубьев и одновременно – к увеличению боковых зазоров. Зубчатая передача, которая работает нормально, характеризуется плавностью работы, однообразным и ровным шумом, равномерным контактом зубьев, хорошим состоянием поверхностей

зубьев, наличием боковых и радиальных зазоров в пределах установленных норм. По мере износа зубьев, шестерен, шлицевых соединений и подшипников увеличивается боковой зазор между зубьями.

Основными эксплуатационными диагностическими параметрами зубчатых передач являются боковой и радиальный зазор, а при сборке – положение и площадь пятна контакта и боковой зазор между зубьями.

Для определения технического состояния зубчатых передач в эксплуатации используют следующие диагностические параметры:

- суммарный угловой зазор передачи;
- дифференцированные значения угловых зазоров отдельных пар передачи;
- векторы силовых реакций на опоры валов;
- кинематическую неравномерность (отклонение) передаваемого момента за один оборот вала передачи;
- интенсивность изменения температуры во времени;
- виброакустические сигналы.

Для диагностирования зазоров в элементах трансмиссии в настоящее время получил распространение дифференциальный метод. Состояние трансмиссии оценивается при этом по двум параметрам – величине зазора и нарастанию момента сопротивления при переходе от одной зубчатой пары к другой.

**Угловые зазоры в механической передаче трансмиссии** можно контролировать многими методами. Наибольшее практическое применение получил метод диагностирования механических передач по оценке радиального и бокового суммарного углового зазора (люфта), вибрациям и тепловому состоянию отдельных кинематических пар трансмиссии и агрегатов. Зазоры в кинематических парах можно определять визуально и на ощупь при проворачивании вала в одну и другую сторону или путем перемещения отдельной детали усилием руки. Допустимые нормы на зазоры приводятся в эксплуатационной документации на конкретный автомобиль.

Для легковых автомобилей угловой зазор карданной передачи, ШРУС, каждой из передач коробки не должен быть более  $5^\circ$ , главной передачи –  $15-20^\circ$ , а суммарный угловой зазор трансмиссии –  $45-50^\circ$ .

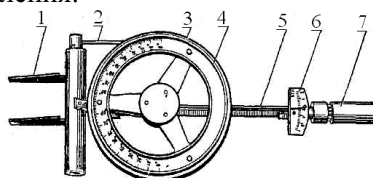
У новых обкатанных автомобилей угловой зазор на различных передачах в коробке составляет  $2,5-6^\circ$  (наибольший на прямой передаче). Предельные значения – от  $5^\circ$  до  $15^\circ$ . Самопроизвольное выключение передач возможно в результате износа зубьев шестерен (особенно при неполном зацеплении), подшипников валов, сильного износа вилок и штоков переключения и осевого перемещения вторичного вала.

Определение суммарного зазора при использовании любого устройства-люфтомера проводится при неработающем двигателе. Для определения угловых зазоров в зацеплении зубчатых колес всех передач коробки передач на автомобиле поочередно включают передачи и измеряются угловые зазоры, величина которых состоит из зазора карданной передачи, измеренного ранее, и зазора в коробке передач, последний меньше на величину зазора карданной передачи. При определении углового зазора главной передачи

затормаживают задний мост автомобиля и выполняют операции по определению углового зазора карданной передачи. В случае использования люфтомера КИ-4832 измеряют люфты трансмиссии при заданном моменте 20-25 Н·м (рис. 4.9). Основной недостаток такого зазора как диагностического параметра – неопределенность результатов диагноза из-за возможного неравномерного износа отдельных пар зацепления.

Суммарный угловой зазор в трансмиссии автомобиля с передним приводом может быть определен при вывешивании одного из передних колес, присоединении динамометра к гайке крепления колеса и установке угломера у колеса.

**Средства диагностирования угловых и боковых зазоров. Прибор КИ-4832** предназначен для определения угловых зазоров в механических передачах автомобилей с пределами измерения  $\pm 90^\circ$  и ценой деления шкалы  $30'$ . Он представляет собой динамометрическую рукоятку, на которой смонтировано в виде небольших тисков устройство для установки люфтомера на карданный вал автомобиля. Величина предельно допустимого суммарного зазора принята своя для каждой модели автомобиля.



**Рис. 4.9. Люфтомер угловой КИ-4832:**

1 – губки зажима; 2 – вороток; 3 – градуированный диск; 4 – полукольцо с жидкостью; 5 – стрелка; 6 – шкала динамометрической рукоятки 7 – динамометрическая рукоятка

Диск 3 легко вращается вокруг оси. На шкале под прозрачным стеклянным диском имеется кольцо, изготовленное из прозрачной полихлорвиниловой трубки диаметром 6-8 мм. Кольцо герметически закрыто и наполовину заполнено подкрашенной жидкостью. В рабочем положении, когда подвижные губки закреплены на вилке карданного вала, жидкость занимает всю нижнюю половину кольца и является уровнем, относительно которого отсчитывают угол поворота карданного вала. Момент силы при выборе зазора карданной передачи должен быть 10-20 Н·м.

У грузовых автомобилей сначала измеряют суммарный угловой зазор карданной передачи. После этого можно определить угловые зазоры в зацеплении шестерен всех передач в коробке передач.

Для определения суммарного углового зазора в трансмиссии неработающего автомобиля вывешивают ведущий мост и устанавливают на заднюю вилку карданного шарнира люфтомер. Зазор в карданной передаче проверяют при затянутом стояночном тормозе, а при определении углового зазора в коробке передач его отпускают и, поочередно включая все передачи, проворачивают карданный вал. Зазор, определяемый устройством, состоит из зазора карданной передачи, измеренного ранее, и зазора одной из передач коробки.

При определении углового зазора другими устройствами с разделенными указателями угла и динамометром также затормаживают входной или выходной вал передачи, зев динамометрического ключа прибора накладывают на крестовину карданного вала, указатель закрепляют зажимом на

шейке отражателя вала главной передачи, а шкалу – на фланце заднего моста, проворачивая который в одну сторону до выбора зазора, устанавливают нулевую отметку шкалы угломера. Полный выбор зазора определяют по резкому увеличению показаний рычажного динамометра. Проворачивая вал в другую сторону, находят суммарный люфт передачи, соединенной с валом.

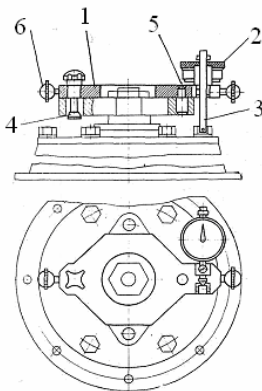
Из полученных значений вычитают угловой зазор в карданной передаче. Для определения зазора в главной передаче шестерни в коробке передач устанавливают в нейтральное положение и затормаживают ведущие колеса. Предельные значения угловых зазоров в трансмиссии грузовых автомобилей составляют: в карданной передаче 5-6°, в коробке передач 5-15°, в главной передаче 55-60°.

Если суммарный зазор достиг предельного значения хотя бы на одной из передач коробки, промежуточного (опорного) редуктора карданной передачи, вскрывают коробку (редуктор), осматривают шестерни, измеряют износ зубчатых шестерен, радиальные и осевые зазоры в подшипниковых узлах.

Время, необходимое для измерения одного зазора с помощью прибора КИ-4832, не превышает 10 с.

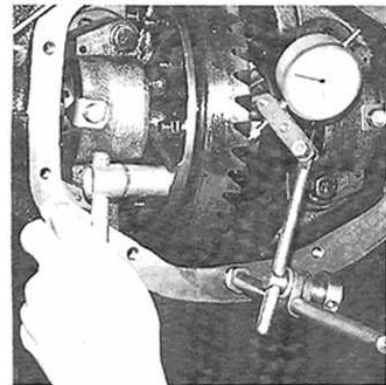
Устройство для измерения бокового зазора в зубозацеплении с точностью измерения 0,01 мм представлено на рис. 4.10.

Боковой зазор в зубозацеплении главной и других передач можно определять с частичной разборкой (или при сборке) индикаторной головкой (рис. 4.11).



**Рис. 4.10. Устройство КИ-6265 для безразборного измерения величины бокового зазора в зацеплении зубчатых колес главной передачи:**

1 – плита; 2 – индикатор; 3 – рычаг; 4, 5 – пальцы крепления; 6 – рукоятка



**Рис. 4.11. Определение бокового зазора в зубозацеплении**

**Общий контроль технического состояния главной передачи и дифференциала (межосевого и межколесного), а также дифференциалов повышенного трения производится следующих операций:**

1. Проверка отсутствия механического, усталостного повреждения, коррозии элементов главной передачи и дифференциала, вискомуфт.

2. Проверка отсутствия несоответствующих люфтов в главной передаче и дифференциале. Для этого необходимо затормозить колеса рабочей тормозной системой, включить передачу. Посредством приложения знакопеременных усилий к приводным валам (усилие прикладывать одновременно) или к карданному валу.

3. Контроль отсутствия несоответствующего шума главной передачи во время пробной инспекционной поездки при движении автомобиля накатом и задним ходом.

4. Контроль механизма блокировки межосевого дифференциала. Поднять оси автотранспортного средства и, включив замок дифференциала, проверить работоспособность механизма блокировки дифференциала.

5. Контроль механизма блокировки межколесного дифференциала. Поднять ось автотранспортного средства и, включив замок дифференциала, проверить работоспособность механизма блокировки дифференциала.

6. Контроль отсутствия течи масла из главной передачи и дифференциала.

7. Контроль отсутствия несоответствующего люфта фланцев привода главной передачи и дифференциала.

8. Контроль работоспособности вискомуфт на межосевых и межколесных дифференциалах. Поднять ось автотранспортного средства, на которой имеется вискомуфта, и посредством вращения колеса (с помощью приспособления) проверить наличие функции блокирования привода (передачи через данный привод крутящего момента). Контроль посредством одновременного вращения привода до и после вискомуфты отсутствия шумов или дефекта спекания фрикционных дисков вискомуфты (постоянной передачи крутящего момента).

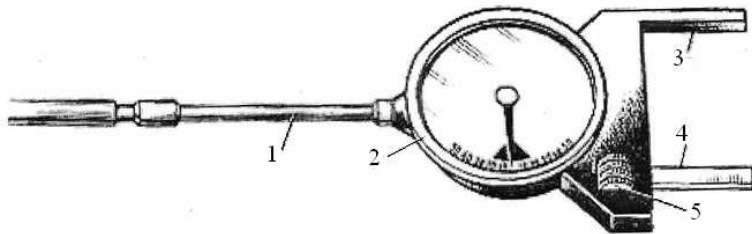
**Прибор К-428** для определения углового зазора трансмиссии (рис. 4.12) состоит из динамометрического устройства 2 с захватной скобой, образованной подвижной 4 и неподвижной 3 губками. Захватную скобу устанавливают, например, на полуось или карданный вал и с помощью подвижной губки, передвигаемой червяком, закрепляют.

Для определения углового зазора через рукоятку 1 прилагается усилие, величина зазора фиксируется с помощью пружинного сигнализатора и стрелки измерителя. Шкала измерителя может поворачиваться на любой угол, что позволяет совмещать нуль шкалы со стрелкой при любом положении прибора на проверяемом объекте.

При диагностировании трансмиссии грузовых машин и тракторов применяется также жидкостный угломер **КИ-13909**, рассчитанный на измерение угла поворота до  $9^\circ$  с точностью до  $15'$ . Смонтирован он в пластмассовом корпусе и крепится к валу при помощи магнита.

Ограничения наибольшего зазора могут встретиться в часто реверсируемых передачах: при крутильных колебаниях вопрос о роли зазоров требует специального рассмотрения.

Ориентировочные предельные значения износов зубчатых передач приведены в табл. 3.5, а инструменты и методы контроля диагностических параметров зубчатых передач – в табл. 3.6.



**Рис. 4.12. Прибор К-428 для определения углового зазора трансмиссии:**



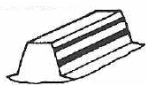


1 – рукоятка; 2 – динамометрическое устройство; 3 – неподвижная губка; 4 – подвижная губка; 5 – червяк

**Контроль технического состояния зубчатых передач по пятну контакта.** [6] Качество сборки зубчатых передач и определение причин износа зубьев оценивается по параметрам пятна контакта в зацеплении зубьев. Влияние качества изготовления и сборки передачи на положение пятна контакта приведены в табл. 4.1, 4.2.

На рис. 4.13 [6] приведены примеры видов пятен контакта прямозубого зубчатого зацепления, по которому можно оценить характерные неисправности.

*Таблица 4.1*

**Влияние качества изготовления и сборки на положение пятна контакта**

Положение пятна контакта	Характеристика шума	Оценка качества сборки передачи
	Шелест, легкое гудение низкого тона	Хорошее
	Без нагрузки шелест, под нагрузкой сильное гудение	Перекос колес
	Под нагрузкой сильное гудение и перемещающийся стук, без нагрузки шелест, мелкий стук	Увеличенный боковой зазор, радиальное биение
	Перемещающийся стук на холостом ходу, сильное гудение под нагрузкой	Увеличенный боковой зазор, радиальное и торцовое биение
	Под нагрузкой сильное гудение низкого тона	Удовлетворительное



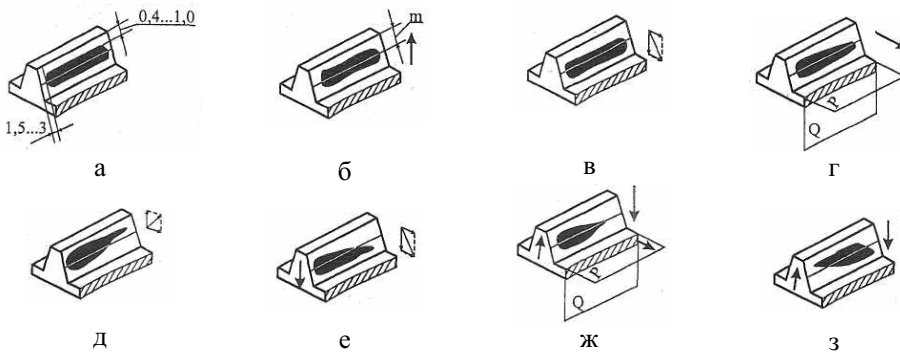
Положение пятна контакта	Характеристика шума	Оценка качества сборки передачи
	Легкое гудение, мелкий стук	Увеличенный радиальный зазор
	Перемещающийся стук, сильное гудение	Радиальное и торцовое биение колес, вибрация

Таблица 4.2

### Характерные признаки неисправности

Признак неисправности	Неисправность
Частые стуки, сливающиеся в общий шум	Изношены шестерни, подшипники и их гнезда
Скрежет, вой высокого тона	Мал боковой зазор между зубьями шестерен, защемлены шарики в подшипниках
Грохот, удары	Большой боковой зазор, поломаны зубья, изношены зубья и шлицы
Стуки	Сколоты зубья
Пульсирующий шум	Эксцентричность посадки, эллипсность шестерен
Скрип	Перекошены валы и изношены подшипники



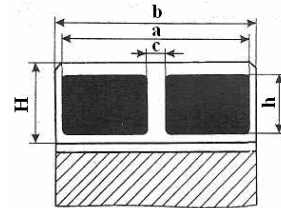
**Рис. 4.13. Контроль качества сборки прямозубчатого зацепления с помощью краски:**

**а** – правильное зацепление; **б** – увеличено расстояние между осями зубчатых колес; **в** – уменьшено расстояние между осями зубчатых колес; **г** – непараллельное расположение осей зацепления в плоскости Р с правильным расстоянием между осями зубчатых колес; **д** – непараллельное расположение осей зацепления в плоскости Р при уменьшенном расстоянии между осями зубчатых колес; **е** – непараллельное расположение осей зацепления в плоскости Р при увеличенном расстоянии между осями зубчатых колес; **ж** – непараллельное расположение осей зацепления в плоскости Р и излом в плоскости Q при правильном межосевом расстоянии; **з** – излом осей зацепления в плоскости Р при правильном межосевом расстоянии и параллельном расположении в плоскости Р

Пятна должны располагаться ближе к вершине зуба и не доходить до края зуба на 1,5-3,0 мм, а к верхней части – на 0,4-1,0 мм. Определение отношения размеров пятна краски на зубцах цилиндрических колес к размерам зуба в процентах приведено на рис. 4.14. Удовлетворительным является расположение пятен при выполнении следующих соотношений (обозначения см. рис. 4.14):

$$(h/H) \cdot 100\% = 25 \dots 60\%; [(a-c)/b] \cdot 100\% = 30 \dots 80\%$$

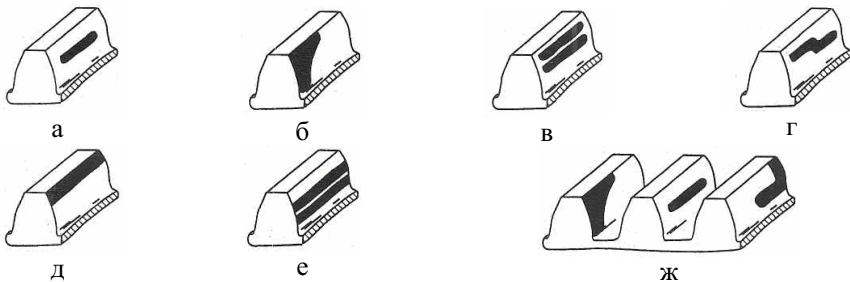
Пятна контакта позволяют оценить также качество сборки цилиндрических зубчатых передач (рис. 4.15). Инструментальный контроль качества регулировки зацепления зубчатой передачи приведен на рис. 4.16. Особенностью регулировки зацепления конических передач является некоторое отличие пятен контакта при работе на холостом ходу и под нагрузкой (рис. 4.17, 4.18). [6] Это нужно учитывать при контроле качества сборки.



**Рис. 4.14. Определение размеров пятна краски на зубцах цилиндрических колес**

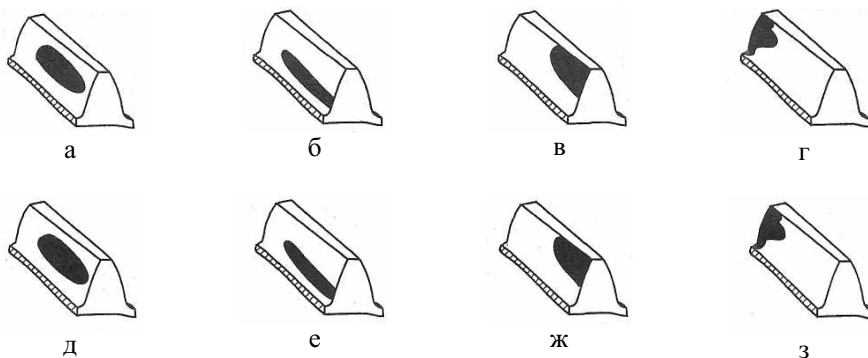
Определение размеров пятен контакта на боковых поверхностях зубьев при контроле конической зубчатой передачи приведено на рис. 4.19. Зацепление будет работать удовлетворительно, если выполняются следующие соотношения (обозначения приведены на рис. 4.19):

$$(h/H) \cdot 100\% = 55\%; [(a \cos \beta)/b] \cdot 100\% = 50\%$$



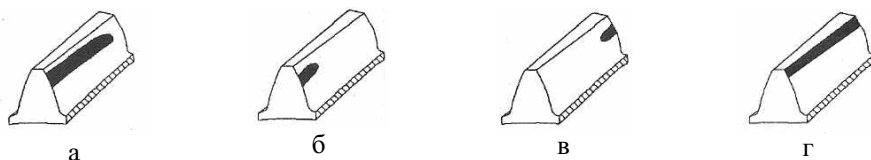
**Рис. 4.15. Соответствие пятен контакта и качества сборки цилиндрических зубчатых передач:**

**а** – хорошее качество сборки; **б** – брак, перекося колес; **в** – брак, увеличенный боковой зазор приводит к радиальному биению и вибрации; **г** – брак, излом осей колес; **д** – удовлетворительное качество сборки, увеличено межцентровое расстояние; **е** – брак, увеличенный радиальный зазор; **ж** – брак, радиальное и торцевое биение приводит к вибрации механизма



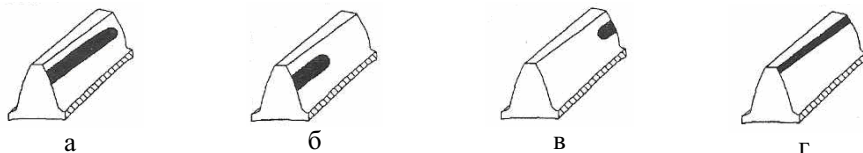
**Рис. 4.16. Контроль качества сборки при регулировании зацепления зубцов конической зубчатой передачи с помощью краски:**

**а, д** – правильно отрегулированное зацепление (четкий отпечаток краски, смещенный к тонкой части зуба); **б, е** – уменьшен радиальный зазор; **в, ж** – увеличен радиальный зазор; **г, з** – осевое смещение колес (необходимо придвинуть приводное колесо); **а-г** – зубья ведущей шестерни; **д-з** – зубья ведомой шестерни



**Рис. 4.17. Контроль с помощью краски зацепления зубцов конической передачи после испытания без нагрузки:**

**а** – правильное зацепление; **б, в** – перекос осей; **г** – расстояние между центрами колес больше номинального



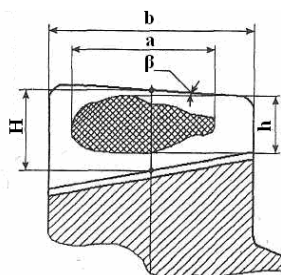
**Рис. 4.18. Контроль зацепления под нагрузкой с помощью краски:**

**а** – правильное зацепление; **б, в** – перекос осей; **г** – расстояние между центрами колес больше номинального

**Регулировка механизма переключения коробки передач** заключается в изменении длины промежуточных тяг для согласования положения рычага переключения передач и шестерен коробки передач.

Причины и функциональные признаки неисправностей раздаточной коробки представлены в табл. 4.3.

Причины и функциональные признаки неисправностей заднего моста и главной передачи автомобиля представлены в табл. 4.4.



**Рис. 4.19. Контроль конической зубчатой передачи по размерам пятен контакта на боковых поверхностях зубьев**

*Таблица 4.3*

### Диагностика неисправностей раздаточной коробки

Неисправности или отказы	Причины неисправностей и функциональные признаки
Шестерни «выскакивают» из зацепления	Нарушена величина свободного хода рычага управления. Рычаг управления цепляется за консоль. Ослабло крепление опор подвески раздаточной коробки или усталостная деформация материала. Изношены внутренние компоненты раздаточной коробки или нарушены регулировки
Затруднено переключение режимов	Снизился уровень масла. Изношены внутренние компоненты раздаточной коробки или нарушены регулировки
Посторонние шумы	Снизился уровень масла в раздаточной коробке. Наличие шумов при выборе любого из режимов свидетельствует о наличии неисправностей в компонентах заднего дифференциала или заднего моста

*Таблица 4.4*

### Диагностика неисправностей заднего моста и главной передачи

Неисправности или отказы	Причины неисправностей и функциональные признаки
Посторонний шум при движении на передаче и накатом	Естественный дорожный шум. Изношены или неправильно накачаны шины. Изношены или повреждены колесные подшипники или же ослабло их натяжение. Снизился уровень масла в дифференциале. Неисправен дифференциал
Стук, возникающий при трогании с места или при переключении передач	Неисправен дифференциал или нарушена его регулировка

<b>Неисправности или отказы</b>	<b>Причины неисправностей и функциональные признаки</b>
Посторонние звуки возникают во время совершения поворотов	Неисправен дифференциал
Вибрации	Возможно неисправен карданный вал. Поддомкратить заднюю часть автомобиля, установить его на подпорки и вручную оценить состояние колесных подшипников. Если необходимо, следует произвести замену
Утечки масла	Поврежден сальник ведущей шестерни главной передачи. Повреждены сальники полуосей. Ослабло крепление или повреждена уплотнительная прокладка крышки дифференциала. Ослабла сливная и/или заливная пробка дифференциала. Нарушена проходимость вентиляционного сапуна дифференциала

#### 4.2.2. Диагностирование карданных передач

Причины и функциональные признаки неисправностей карданных валов представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

#### Диагностика неисправностей карданного вала

<b>Неисправности или отказы</b>	<b>Причины неисправностей и функциональные признаки</b>
Утечки в передней части карданного вала	Поврежден или изношен задний сальник трансмиссии. Следует также проверить состояние поверхности скользящей вилки
При включении передачи (в момент появления нагрузки) возникает стук	Ослабло крепление задней подвески. Ослабли болты/гайки карданного вала. Изношены или повреждены подшипники карданного шарнира (ов)
Металлический скрежет, образный скорости движения автомобиля	Изношены подшипники карданного шарнира (ов)
Вибрации	В первую очередь следует проверить балансировку колес и давление в шинах. Установить в салоне автомобиля тахометр и во время движения следует определить обороты, при которых вибрация достигает максимальной интенсивности, затем переключить передачу и довести обороты до того же значения. Если вибрация возникает и достигает максимальной интенсивности при одних и тех же оборотах, независимо от выбранной передачи, ее источником не является карданный вал, т. к. частота его вращения зависит от выбора передаточного отношения.

Неисправности или отказы	Причины неисправностей и функциональные признаки
Вибрации ( <i>продолжение</i> )	<p>Если переключение передачи приводит к исчезновению вибрации или заметному снижению ее интенсивности (при тех же оборотах), следует проверить состояние карданного вала:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проверить карданный вал на наличие признаков изгиба или деформаций, в случае необходимости произвести замену;</li> <li>- тщательно очистить вал – налившая грязь может быть причиной нарушения балансировки;</li> <li>- оценить степень износа подшипников карданных шарниров, в случае необходимости произвести замену;</li> <li>- проверить балансировку карданного вала или его соединительного фланца. Удостовериться в наличии на своих местах балансировочных грузиков, снять вал и установить его, провернув на 180°, - если вибрации не исчезнут, вал необходимо отбалансировать;</li> <li>- проверить надежность затягивания крепежных болтов/гаек;</li> <li>- при соответствующей комплектации автомобиля оценить степень износа центрального подшипника;</li> <li>- проверить состояние задних втулок трансмиссии</li> </ul>
Скребущий звук	Удостовериться, что пылезащитная крышка скользящей вилки не трется о картер заднего удлинения трансмиссии
Вой или свист	При соответствующей комплектации автомобиля источником таких звуков может являться центральный подшипник

Проверка технического состояния карданной передачи включает следующие операции по контролю отсутствия:

1. Механического, усталостного повреждения, коррозии элементов карданной передачи. Проверяются карданные соединения, шлицевые соединения, опорный подшипник.

2. Несоответствующего люфта фланцев карданной передачи.

3. Несоответствующей фиксации крышек карданных соединений или стопорных колец.

4. Несоответствующих люфтов, механических, усталостных повреждений опорного подшипника.

5. Механических, усталостных повреждений, старения, потери эластичности, выпучивания резинотехнического элемента опорного подшипника.

6. Несоответствующей фиксации опорного подшипника.

7. Несоответствующего радиального люфта карданных передач посредством вращения сопрягаемых элементов карданных передач в разные стороны.

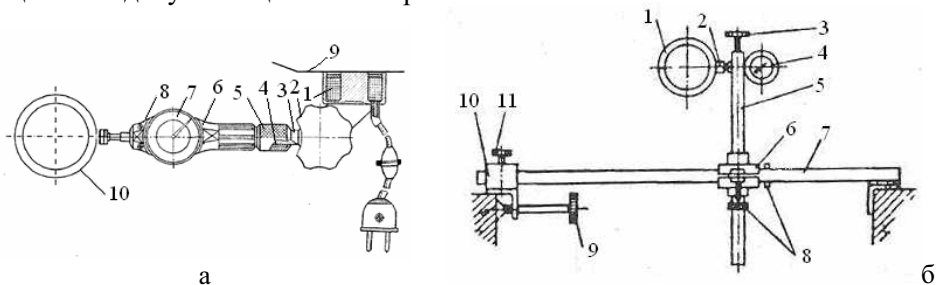
8. Несоответствующего радиального люфта шлицевых соединений карданных передач посредством вращения сопрягаемых элементов шлицевых соединений карданных передач в разные стороны.

9. Механических, усталостных повреждений, коррозии крепежных изделий карданной передачи.

10. При трогании с места вперед и назад проверить отсутствие шумов (щелкающих звуков) в элементах карданной передачи.

**Биение карданных валов, изгиб валов и зазоры в подшипниковых узлах.** Величину биения карданного вала определяют с помощью неподвижно закрепленного механического индикатора.

Для проверки биения карданного вала применяют приспособление **КИ-8902А** (рис. 4.20), которое состоит из электромагнита и прикрепленного к нему через шарнир и телескопический зажим индикатора перемещений часового типа. Приспособление крепится к раме машины с помощью электромагнита, подключенного к бортовой сети напряжением 12 В. При диагностировании вывешивают ведущие колеса неработающей машины и включают нейтральную передачу. Используя шарнир и телескопический зажим приспособления, доводят поводок индикатора до соприкосновения с карданным валом и, провернув его на один оборот, определяют биение, которое для грузовых автомобилей по среднестатистическим данным не должно превышать 2,0 мм. Фактические значения необходимо уточнять по эксплуатационной документации на конкретный автомобиль.



**Рис. 4.20. Устройства контроля биения карданных валов:**

а – устройство КИ8902А: 1 – электромагнит; 2 – рукоятка; 3 – рычаг; 4 – сухарик; 5 – зажим; 6 – корпус; 7 – индикатор; 8 – крышка; 9 – днище кузова автомобиля; 10 - приводной вал;

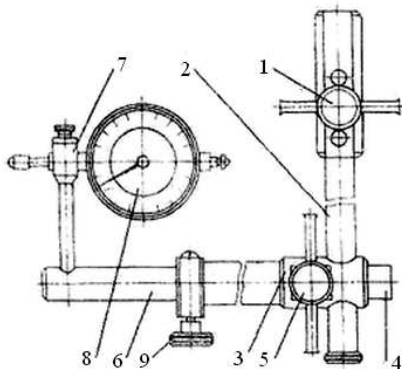
б: 1 – карданный вал; 2 – наконечник индикаторной головки; 3 – винт крепления индикаторной головки; 3 – регулировочный винт; 4 – индикаторная головка; 5 – штанга вертикальная; 6 – крестовина; 7 – штанга горизонтальная; 8 – винты крепления (фиксации); 9 – винт распорный; 10 – опора передвижная; 11 – винт стопорный

Контроль изнашивания сопряженных деталей шарниров карданного вала и его шлицев, шарниров равных угловых скоростей (ШРУС) переднеприводных автомобилей определяют визуально по относительному смещению при покачивании. Биение карданного вала (или полуоси со ШРУС) в центре не должно превышать 1,2 мм.

При использовании устройства (рис. 4.20, б) автомобиль устанавливают на осмотровую канаву. Подъемником вывешивают одно заднее колесо.

Устройство закрепляют винтом 9 на канаве, а головку индикатора подводят к валу. Включают передачу и снимают с ручного тормоза (вначале подставив башмаки под переднее колесо). Покручивая заднее колесо, возникает биение карданного вала, которое равно разнице максимальных и минимальных показаний индикатора.

На посту диагностики со стендом для испытаний с беговыми барабанами с помощью прибора КИ-8902А проверяют карданные валы на радиальное биение. Пускают двигатель автомобиля, установленного ведущими колесами на беговых барабанах, включают первую передачу и поддерживают минимальную частоту вращения коленчатого вала. Прибор с электромагнитом подключают к электросети автомобиля напряжением 12 В и прикрепляют электромагнит к одной из металлических частей снизу автомобиля так, чтобы головка индикатора находилась по центру и посередине проверяемого карданного вала. Допустимое биение валов автомобилей марки «ГАЗ» - 1,2 мм, марки «ЗИЛ» - 0,8 мм. Суммарный угловой зазор в трансмиссии автомобиля с передним приводом может быть определен при вывешивании одного из передних колес, при соединении динамометра к гайке крепления колеса и установке угломера у колеса.

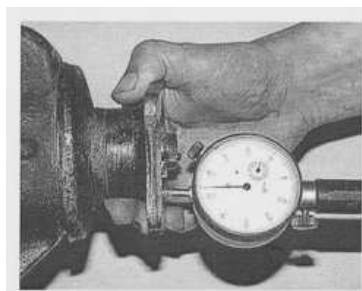


**Рис. 4.21. Устройство для измерения зазоров и биения вращающихся деталей**

Для определения биения вращающихся валов, изгиба валов, зазоров в подшипниковых узлах применяется прибор КИ-8902А и различные механические устройства, как, например, на рис. 4.21, на котором обозначены: 1 – зажимной механизм; 2, 4 – вертикальная и горизонтальная штанги; 3 – муфта; 5 – зажим; 6 – направляющая; 7 – стойка; 8 – индикатор часового типа; 9 – винт.

Зажимной механизм устройства может быть заменен электромагнитным прихватом (рис. 4.20). Вертикальная и горизонтальная штанги закрепляются муфтой, зажимом и винтом направляющей, на которой укреплена стойка с индикатором часового типа.

Установив наконечник индикатора по касательной к валу (перпендикулярно к крышке опоры цапф), а также по радиусу в плоскости вращения карданного вала, определяют износ деталей и биение карданной передачи.



**Рис. 4.22. Измерение соосности и осевого зазора фланцевых соединений**

При диагностировании подшипниковых опор, измерении зазоров в подшипниковых сопряжениях и биения концов валов применяют простейшее устройство, состоящее из зажимного механизма или электромагнита и стойки с датчиком перемещения или индикатором часового типа. Датчик или наконечник индикатора устанавливают над валом, перемещая с заданным усилием вал вверх, считывают показания измерительного прибора, характеризующие радиальный зазор в опоре. Для определения биения на конец вала или на боковую плоскость также устанавливают датчик (наконечник индикатора) и проворачивают вал. Максимальное значение показывающего прибора при этом характеризует изгиб вала (рис. 4.22).

### 4.2.3. Диагностирование подшипниковых узлов качения

**Диагностические параметры подшипниковых узлов качения** приведены в подразделе 3.4.

Применение демонтированных подшипников допускается в случае их съема за внутреннее вращающееся кольцо без передачи усилий через тела качения. При этом не допускается наличие дефектов на подшипнике. При контроле подшипника после демонтажа размер внутреннего посадочного диаметра должен находиться в пределах допуска по ГОСТ 5208-69. Демонтаж подшипников за наружное кольцо допускается при натягах подшипника на вид не более 8 мкм на диаметре 50 мм при равномерном приложении усилия съема по всем телам качения.

Изменение состояния подшипников (их износ, деформация, изменение условий контакта тел качения) непосредственно скажется и на условиях работы зубчатых пар. В этих парах возникнут дополнительные кромочные давления и возрастут динамические нагрузки, которые повлияют на их работоспособность. Поэтому данную передачу, как и другие механические системы, необходимо рассматривать как единую динамическую систему и разрабатывать математические модели, отражающие основные связи и зависимости, которые с достаточной степенью достоверности описывают происходящие процессы. Здесь широкое применение находят методы механики и динамики машин, а также раскрытие сложных взаимосвязей.

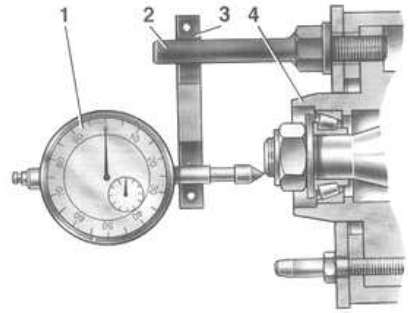
**Контроль зазоров и предварительного натяга в подшипниках.** Под зазором в подшипнике качения подразумевается внутренний зазор между кольцами и шариками, который обуславливает некоторую свободу перемещения колеи относительно друг друга в радиальном или осевом направлении (рис. 4.23). Начальный зазор – зазор между шариком и обоймой в свободном подшипнике до посадки его на рабочее место – на вал или в корпус коробки. Посадочный зазор – зазор между шариком и обоймой в подшипнике после посадки его на рабочее место. Посадочный зазор, как правило, меньше начального вследствие изменения диаметров колец подшипника из-за посадочных натягов.

От начального зазора зависит распределение нагрузки на шарики, уменьшение вибрации подшипника, ограничение смещений вала и корпуса

в радиальном и осевом направлениях, уменьшение шума в подшипнике. Начальный зазор на приспособлении измеряют под нагрузкой 50-150 Н. Подшипник устанавливают так, чтобы внутреннее кольцо его прижималось нажимным конусом к съемному упору. По шкале индикатора определяют величину перемещения внешнего конца подшипника.

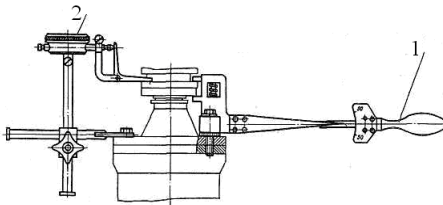
Допускаемые радиальные зазоры в подшипниках коробки передач автомобиля ГАЗ: первичного вала – 0,25 мм, вторичного – 0,45; автомобиля ЗИЛ: первичного вала – 0,50 мм, вторичного также 0,50.

Устройства для определения осевого зазора в подшипниковых узлах валов агрегатов без разборки, с частичной разборкой или контроля качества регулирования и сборки узлов представлены на рис. 4.23, 4.24, 4.25.



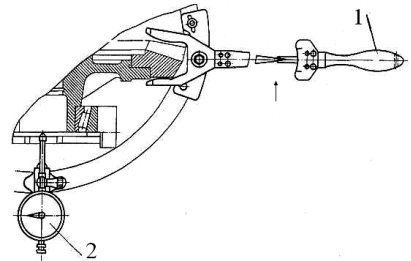
**Рис. 4.23. Устройство определения осевого зазора в подшипниковых узлах валов:**

1 – индикаторная головка; 2, 3 – приспособления установки; 4 – подшипниковый узел



**Рис. 4.24. Устройство КИ-6269 для измерения осевого зазора в подшипниках ведущей шестерни главной передачи:**

1 – динамометрическая рукоятка; 2 – индикаторное устройство, закрепляемое на корпусе главной передачи. Точность измерения 0,01-0,05 мм



**Рис. 4.25. Устройство КИ-6279 для измерения осевого зазора в подшипниках колеса главной передачи:**

1 – динамометрическая рукоятка; 2 – индикаторное устройство, которое закрепляют на корпусе главной передачи. Точность измерения 0,01 мм

**Регулировкой затяжки подшипников главной передачи** устраняют осевой зазор вала ведущей шестерни, который, например, для автомобиля ГАЗ-53 не должен превышать 0,03 мм, а для ЗИЛ-130 должен отсутствовать. Достигается это в большинстве случаев за счет уменьшения толщины регулировочных шайб до такой затяжки, при которой момент вращения ведущей шестерни, измеренный при помощи динамометрической рукоятки, не будет превышать 10-35 Н·м.

Предварительный натяг подшипников контролируют динамометром (рис. 4.26), измеряющим момент сопротивления проворачиванию, например, вала ведущей шестерни главной передачи. Величиной момента сопротивления проворачиванию определяется степень предварительного натяга подшипников. Заданный предварительный натяг подшипников в опорах

достигается путем изменения (подбора) числа и толщины прокладок. В конических зубчатых сопряжениях, например, главной передачи, после регулировки подшипников регулируют зацепление конических шестерен главной передачи, изменяя число прокладок между фланцем стакана вала ведущей шестерни и торцом картера редуктора, а также переставляя прокладки под крышками роликовых подшипников промежуточного вала. Качество отрегулированного зацепления контролируют по отпечатку контакта зубьев шестерен.



**Рис. 4.26. Динамометр (а) и определение предварительного натяга подшипников (б):**

1 – подвижной указатель; 2 – указатель ограничения крутящего момента; 3 – корпус; 4 – рукоятка; 5 – стержень с наконечником, вставляемым в переходную втулку гайки крепления фланца; 6 – подшипниковый узел; 7 – переходная втулка

#### **4.2.4. Контроль общего технического состояния и регулировочные работы по гидромеханической передаче**

Трансмиссии автомобилей могут быть с электронным и гидравлическим управлением.

Основными операциями контроля технического состояния гидромеханических коробок переключения передач (ГМКПП) являются:

##### **1. Проверка отсутствия:**

- горения ламп, сигнализирующих о наличии неисправностей ГМКПП при работающем ДВС;
- течи масла из ГМКПП;
- несоответствующего состояния и фиксации рычага селектора;
- несоответствующего состояния масла в ГМКПП. Наличие посторонних частиц или запаха гари свидетельствует о наличии дефектов ГМКПП;
- самопроизвольного движения автотранспортного средства при нахождении селектора в положении «N»;
- движения на передачах, удары при трогании с места и при переключении передач, нечеткое или затяжное переключение передач, рывки при движении, переключение передач при несоответствующей скорости движения, отсутствие режима «Kick down», ГМКПП шумит при переключении передач или при работе на передачах, перегрев ГМКПП.

2. Наличие соответствующего уровня масла в ГМКПП. Проверка производится как в гидротрансформаторе, так и в остальной части ГМКПП. Причем на щупах следует проверить наличие соответствия уровня масла температуре ГМПП. На щупах, которые вставляются в заливные горловины, имеются метки как для непрогретой, так и для прогретой до рабочей темпе-

ратуры ГМКПП. Для полного прогрева ГМКПП должна проработать в течение 15 минут.

3. Проведение контрольной поездки для проверки работоспособности ГМКПП при разгоне автотранспортного средства (при плавном нажатии на педаль управления подачей топлива). Переключение передач в ГМКПП должно происходить без резкого повышения оборотов коленчатого вала ДВС. Контроль оборотов ДВС следует проводить при помощи тахометра.

4. Контроль работоспособности режима «Kick down» ГМКПП. При кратковременном резком нажатии (до упора в пол) педали управления подачей топлива стрелка тахометра должна скачком переместиться вверх, что свидетельствует о наличии принудительного включения пониженной передачи.

5. Контроль при нажатой педали тормоза переводением селектора на 1-2 секунды в каждый из режимов: «N», «P», «D», «R»: наличие характерных слабых толчков автотранспортного средства, которые свидетельствуют о включении режима. Проверить отсутствие несоответствующих шумов при этом.

**ГМП диагностируют** на силовом стенде проверки тяговых качеств автомобиля. На стенде воспроизводят необходимые тестовые режимы диагностирования ГМП: разгон, торможение, накат, установившееся движение на каждой передаче.

При этом как на установившихся, так и на переменных режимах движения автомобиля при помощи специального прибора измеряют текущее значение скорости движения и фиксируют значения скоростей в моменты автоматического переключения передач.

Для определения скорости движения используется фотодатчик, измеряющий частоту вращения беговых барабанов стенда. Моменты автоматического включения той или иной передачи фиксируются при помощи электрических импульсов, поступающих по соединительным проводам от исполнительных механизмов системы автоматического управления переключением передач.

**Давление масла в главной магистрали** измеряют на режимах холостого хода, движения и наката при помощи установленного в кабине водителя датчика. Для измерения температуры масла в ГМП применяют быстродействующий малоинерционный теплоизмерительный прибор. Кроме того, при помощи специального щупа измеряют зазоры между концами толкателей электромагнитов и регулировочными винтами механизма управления золотниками периферийных клапанов. По результатам диагностирования выявляют потребность в регулировках по системе автоматического управления переключением передач и определяют потребность в снятии ГМП с автомобиля для ремонта.

Следует отметить, что ГМП можно использовать для определения технического состояния двигателя автомобиля, на который она установлена. Если, удерживая автомобиль тормозами, нажать полностью на педаль управления дросселем, двигатель увеличит число оборотов коленчатого вала и будет работать на режиме максимального использования мощности при

определенной частоте вращения коленчатого вала. Эту частоту называют частотой «входа». Параметры гидротрансформатора ГМП выбирают такими, чтобы частота «входа» была близка частоте, соответствующей максимальному крутящему моменту двигателя и даже несколько выше нее. При уменьшении мощности двигателя величина его крутящего момента может быть определена из выражения

$$M_{кр} = \lambda j n^2 D^5,$$

где  $\lambda$  – коэффициент крутящего момента, характеризующий лопаточную систему насосного колеса;  $j$  – удельный вес рабочей жидкости;  $n$  – число оборотов «входа», равное числу оборотов насосного колеса гидротрансформатора;  $D$  – активный диаметр гидротрансформатора.

**Механизмы ГМП регулируют** при помощи специального винта, изменяя положение главного золотника для обеспечения требуемых режимов автоматического переключения передач (например, для ГМП автобуса ЛиАЗ-677 при разгоне с полностью открытой дроссельной заслонкой переключение с понижающей передачи на прямую должно происходить при скорости 25-30 км/ч, блокирование гидротрансформатора – при скорости 35-42 км/ч). Регулируют также ход конца продольной тяги управления силовым регулятором для обеспечения поворота рычага эксцентрика на 90° в период полного хода педали управления дроссельной заслонкой и зазор в механизме управления золотниками периферийных клапанов (для ГМП автобуса ЛиАЗ-677 он составляет 0-0,2 мм) с целью снижения в процессе эксплуатации износа дисков двойного фрикциона.

В системе управления DIWA электронный блок управления (ЭБУ) получает сигналы от педали тормоза, педали управления подачей топлива, датчиков частоты вращения входного и выходного валов ГМКПП, датчика температуры масла, датчика давления масла, клавишного переключателя. Управление ГМКПП осуществляется путем подачи давления масла на поршни, которые в свою очередь воздействуют на диски (сжимая их). Диски при этом блокируют соответствующую корончатую шестерню планетарной передачи и при этом происходит соответствующее переключение в диапазоне 2-4 передач. Подача давления масла производится соответствующими гидрораспределителями с электромагнитным управлением. Включением в определенном порядке гидрораспределителей с электромагнитным приводом управляет ЭБУ. Причем ЭБУ также управляет индикацией (транспарантами на щитке приборов).

### **Контрольные вопросы**

1. Приведите диагностические параметры трансмиссии в статике.
2. Перечислите контролируемые параметры педали сцепления.
3. Как контролируют состояние педали сцепления?
4. Приведите диагностические параметры сцепления.
5. Как контролируют состояние сцепления?
6. Как регулируют свободный ход педали сцепления?
7. Приведите методы проверки пробуксовки сцепления.

8. Как проверяют пробуксовку сцепления на стендах?
9. Расскажите об устройствах проверки сцепления.
10. Как контролируют угловые зазоры в механических передачах трансмиссии?
11. Приведите перечень контрольных операций по оценке технического состояния главной передачи и дифференциала.
12. Как можно проконтролировать зазоры в подшипниках качения?
13. Как регулируют механизмы переключения коробки передач?
14. Перечислите причины и функциональные признаки исправности (неисправности) карданных валов.
15. Как производят регулировку подшипников главной передачи?
16. Как контролируют и устраняют биение карданных валов?
17. Приведите операции контроля общего технического состояния гидромеханической передачи.

### **4.3. Контроль технического состояния агрегатов трансмиссии с автоматической коробкой передач**

#### **4.3.1. Контроль общего технического состояния механической трансмиссии**

Для проверки работоспособности АКП применяют следующие методы: контроль давления масла, стендовые испытания, диагностика по кодам неисправностей (для АКП с электронным блоком управления).

Давление масла в магистралях АКП проверяют с помощью контрольного масляного манометра, который поочередно (через специальный переходник) подсоединяют к отверстиям в корпусе гидроклапанов на входе и выходе масляной магистрали. Сравнивая величины давления с рекомендуемыми значениями, делают заключение о техническом состоянии АКП.

Динамическими параметрами контроля трансмиссии на стенде с беговыми барабанами являются: мощность, затрачиваемая на прокручивание трансмиссии и ведущих колес автомобиля; усилие включения скорости; угловое ускорение в динамическом знакопеременном режиме; уровень вибрации агрегатов; механический КПД трансмиссии; расход топлива; установившаяся температура агрегатов; проскальзывание сцепления; свободный ход педали.

Самыми информативными диагностическими параметрами трансмиссии является уровень вибрации агрегатов. Контроль других диагностических параметров позволяет оценить важные функциональные параметры технического состояния и состояние электронных блоков управления силовыми агрегатами, оптимизировать рабочие режимы трансмиссии и частично проводить тестовое диагностирование неисправностей по узлам и агрегатам. Но для определения неисправностей общей диагностики недостаточно, так как некоторые неисправности (предельные износы, зазоры в сопряжениях подшипниковых узлов и зубчатых передачах и др.) оказывают слабое влияние на КПД и энергию, затрачиваемую на прокручивание трансмиссии автомобиля, но существенно влияют на безопасность движения.

Некоторые зарубежные фирмы применяют упрощенные стендовые проверки для контроля общего технического состояния гидротрансформа-

тора и коробки передач, работоспособность которых определяется по частоте вращения коленчатого вала двигателя без динамометрического стенда. Автомобиль устанавливается на пост с осмотровой канавой для подключения тахометра к ведомому валу АКП, далее отсоединяется контакт кнопки принудительного включения пониженной передачи, селектор переключения передач устанавливается в нейтральном положении, включается стояночная тормозная система, к датчику частоты вращения коленчатого вала двигателя подключается тахометр, после чего двигатель прогревается. Для выполнения проверки до упора нажимается педаль тормозной системы, включается низшая передача и при медленном нажатии на педаль привода дроссельной заслонки увеличивается частота вращения коленчатого вала двигателя до момента его останова (так как автомобиль заторможен). Частота вращения коленчатого вала двигателя и ведомого вала коробки передач фиксируются. Аналогично проверяются и другие передачи. Полученные результаты сравнивают с рекомендуемыми значениями, после чего делается заключение о работоспособности АКП. Если частота вращения коленчатого вала, при которой двигатель заглох, выше рекомендуемой, то АКП проскальзывает, если ниже – заклинивает реактивное колесо гидротрансформатора.

Данный метод диагностики, кроме определения технического состояния АКП, позволяет проводить индивидуальную регулировку системы автоматического управления переключением передач для установки максимально экономичных режимов расхода топлива на известных маршрутах движения автомобиля.

Положительные результаты дает также способ определения моментов переключения передач по скорости при плавном разгоне автомобиля на ненагруженных беговых барабанах динамометрического стенда. Моменты переключения определяются по колебаниям стрелки спидометра.

Правилами дорожного движения запрещается эксплуатация автомобилей, если не включается или самопроизвольно выключается любая передача в коробке передач, поврежден или наблюдается повышенная вибрация карданного вала.

Работа коробки передач с электронным управлением зависит от положения рычага селектора, определяемого посредством одного потенциометра и четырех микровыключателей, сигналы с которых поступают в электронный блок управления. Сам процесс переключения передач полностью контролируется блоком управления и производится посредством электромагнитных клапанов и переключателя передач с гидроприводом.

Для диагностирования трансмиссии широкое распространение получил метод, основанный на измерении суммарных зазоров (люфтов) при помощи специализированных люфтомеров-динамометров КИ-4832 и К-428, при создании момента силы 20-25 Н·м. Зев динамометрического ключа прибора накладывают на крестовину карданного вала, указатель закрепляют зажимом на шейке отражателя ведущего вала главной передачи, а шкалу – на фланце заднего моста. Таким образом производится последовательное измерение люфтов главной передачи (с бортовыми редукторами) и коробки передач с карданным валом.

Суммарный люфт в агрегатах и механизмах трансмиссии автомобилей с передним приводом может быть определен при вывешивании одного из передних колес, присоединении динамометра к гайке крепления колеса и установке угломера у колеса.

Рекомендации по контролю технического состояния автомобиля на стенде с беговыми барабанами представлены в стандарте ГОСТ 26899-86 «Стенды роликовые для определения параметров тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобилей и колесных тракторов в условиях эксплуатации».

#### **4.3.2. Контроль изнашивания деталей и смазочной способности масел**

В процессе работы трансмиссии происходит износ узлов с трением или в местах сопряжения деталей. Основные факторы, влияющие на интенсивность изнашивания пар трения и методы их контроля описаны в работах [2, 8].

В эксплуатации автомобилей оценка технического состояния узлов трения производится по измерению значений структурных параметров и по анализу качества масел. Целью такого контроля является определение остаточного ресурса деталей, рациональных сроков замены масла.

Согласно общих рекомендаций первую замену масла необходимо производить после обкатки автомобиля в назначенных нагрузочно-скоростных режимах эксплуатации, а в дальнейшем – в соответствии с картой сервисного обслуживания.

Наибольшее влияние на изменение ресурса масел оказывают скоростные и нагрузочные режимы работы трансмиссии, температура смазываемых деталей. Общие браковочные признаки оценки качества работающего масла определяются в работах [9, 10]. Наибольшее практическое применение нашел метод спектрального анализа масел, который позволяет определять концентрацию продуктов износа и примесей в масле.

Визуальный контроль состояния смазочной системы осуществляется по:

- количеству масла в коробке передач по уровнемеру;
  - работе насоса подачи масла;
  - утечкам;
  - давлению масла по манометру;
  - работе питателей и фильтра;
  - подаче масла через смотровое стекло (окно) на маслопроводе или по расходу;
  - просачиванию пластического смазывающего материала из уплотнительной части;
  - состоянию обрызгивания маслом зубчатых передач.
- В общем случае масло подлежит замене при таких условиях:
- повышение кислотного числа до 5 мг КОН на 1 г масла;
  - изменение вязкости на 25% от первоначального значения;

- содержание воды в масле свыше 2%;
- вытяжка имеет кислую реакцию свыше 0,5%;
- наличие в масле от 0,5% до 2,5% механических примесей;
- наличие в масле примесей, оказывающих абразивное воздействие;
- повышение коксуемости масла свыше требований стандартов.

### 4.3.3. Контроль технического состояния механических систем автоматических коробок передач

Первоначальную проверку АКП проводят в соответствии с основными пунктами приведенного алгоритма (рис. 4.27).



**Рис. 4.27. Алгоритм поиска неисправностей АКП**

#### Этапы общей диагностики АКП:

- выслушайте замечания и жалобы водителя (владельца) автомобиля;
- проверьте уровень жидкости и ее состояние;
- проведите быструю проверку холостого хода двигателя, вакуумных магистралей, электрических соединений, механических тяг троса управления и корпус дроссельной заслонки при ее полном открывании;
- проверьте блок управления двигателем или блок управления коробкой передач на наличие кодов неисправностей;

- проведите проверку остановки двигателя и сравните данные с данными производителя;
- выполните диагностическую контрольную поездку;
- проведите контрольную проверку давления, что позволяет выяснить целостность систем: насоса, системы дроссельного клапана, центробежного регулятора, заедание клапанов переключения рабочей жидкости контура фрикциона.

Причины неисправности определяют по результатам причинно-следственного анализа АКП (табл. 4.6, 4.7) [15]. Анализ начинают с контроля состояния контрольной лампы индикации неисправностей. При возникновении неисправности в АКП сначала необходимо понять, где возникла неисправность: в двигателе, в коробке передач или в электрической цепи, и только после этого браться за ее устранение.

Неисправности, возникающие в системе электронного управления трансмиссией, могут исходить от трех источников: двигатель, ЭБУ трансмиссией или самой АКП.

Таблица 4.6

#### Анализ отказов и неисправностей АКП

Посторонний шум и вибрация	Проскальзывание пере- дач	Сбой в выборе передач	Заклинивание на одной из передач	Нет передачи заднего хода	Нарушения в работе се- лктора и индикации	Течь масла	Причина
+	+	+	+	+			Низкий уровень масла
+		+				+	Высокий уровень масла
+						+	Ослабло крепление гидротрансформатора
		+			+		Неисправен блок управления, разрыв в цепи
+			+	+		+	Износ втулок валов
+	+						Износ фрикционов
+							Отказ обгонной муфты реактора гидротрансформатора
+	+	+	+	+			Загрязнение или неисправность гидроклапанов
	+			+			Износ (разрегулировка) фрикционной ленты
+							Заклинивание поршня во фрикционной муфте
	+	+				+	Неисправен датчик тахометра
		+	+				Неисправен датчик положения дроссельной заслонки
		+					Неисправен датчик пониженной передачи
	+						Неисправен датчик крутящего момента
+		+	+	+			Неисправен гидронасос
		+	+	+		+	Повреждена плита гидроклапанов

Посторонний шум и вибрация	Проскальзывание пере- дач	Сбой в выборе передач	Заклинивание на одной из передач	Нет передачи заднего хода	Нарушения в работе се- лектора и индексации	Течь масла	Причина
					+		Неисправен индикатор перемещения селектора
						+	Износ сальников
						+	Негерметичен картер и его соединения
				+	+		Неисправен селектор
+			+	+			Износ зубчатых колес
	+	+	+	+			Неисправен соленоид управления гидроклапаном

Общая диагностика АКП приведена в табл. 4.7 и Приложении А.

Таблица 4.7

**Возможные неисправности механических  
и гидравлических систем АКП автомобиля DW20**

Вид неисправности	Причины неисправности	Принимаемые меры
1. Не запускается двигатель. Если даже запускается, сразу останавливается	Плохо отрегулирована тяга рычага селектора	Отрегулировать тягу рычага селектора
	Плохо установлен ключ «нейтраль/запуск» или неисправен сам ключ (включая провода)	Отрегулировать ключ нейтраль/запуск
		Осмотреть ключ «нейтраль/запуск» и при необходимости заменить
	Неисправен клапанный узел (особенно соленоидный клапан управления блокировкой)	Проверить клапанный узел или соленоидный клапан управления блокировкой и при необходимости заменить
2. Не переключается селектор из позиции «D», «3», «2», «1» или возникает пробуксовка	Низкий уровень масла в АКП	Проверить уровень масла в АКП и при необходимости долить
	Неисправность гидравлического трансформатора	Проверить работу односторонней муфты и при необходимости заменить гидравлический трансформатор
	Неисправность масляного насоса	Осмотреть масляный насос и при необходимости заменить

Вид неисправности	Причины неисправности	Принимаемые меры
2. Не переключается селектор из позиции «D», «3», «2», «1» или возникает пробуксовка (продолжение)	Неисправен клапанный узел (особенно клапан первичной регулировки)	Проверить работу клапанного узла или клапана первичной регулировки и при необходимости заменить
	Забит сетчатый фильтр масляного насоса	Очистить сетку или заменить фильтр
	Неисправность муфты переднего хода (С1)	Осмотреть пластины муфты, масляный уплотнитель поршня, прокладки и при необходимости заменить
	Неисправность тормоза (В4)	Осмотреть ленту тормоза, масляный уплотнитель поршня, прокладки и при необходимости заменить
	Неисправность односторонней муфты (F3) № 3	Проверить работу односторонней муфты (F3) № 3 и при необходимости заменить
	Неисправность односторонней муфты (F3) № 2	Проверить работу односторонней муфты (F3) № 2 и при необходимости заменить
	Неисправность тормоза (В3) 1-й и задней передач	Осмотреть пластины, масляный уплотнитель, прокладки и при необходимости заменить
3. Рычаг селектора не сдвигается с позиции «R»	Низкий уровень масла в АКП	Проверить уровень масла и при необходимости долить
	Неисправность гидравлического трансформатора	Проверить работу односторонней муфты и при необходимости заменить гидравлический трансформатор
	Неисправность масляного насоса (не формируется магистральное давление масла)	Осмотреть и при необходимости заменить масляный насос
	Неисправность клапанного узла (особенно клапан первичного регулятора и клапан переключения 2-3 передач)	Проверить работу клапана первичного регулятора и клапана переключения 2-3 передач, проверить клапанный узел и при необходимости заменить
	Забита сетка масляного насоса	Очистить сетку или заменить
	Неисправность муфты прямого привода (С2)	Осмотреть пластины муфты, сальники, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить
	Неисправность тормоза (В3)	Осмотреть пластины, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить

Вид неисправности	Причины неисправности	Принимаемые меры
3. Рычаг селектора не сдвигается с позиции «R» (продолжение)	Неисправность тормоза (B4)	Осмотреть ленту тормоза, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить
	Неисправность муфты понижающей передачи	Осмотреть диски муфты, трубку, сальник, уплотнительное кольцо поршня и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 1 (короткое замыкание в цепи)	Осмотреть соленоид № 1, уплотнительное кольцо и при необходимости заменить
4. В позиции «D», «3» и «2» не переключается из 1-й на 2-ю передачу	Неисправность тормоза (B1) второй передачи	Осмотреть диски, уплотнительное кольцо поршня и при необходимости заменить
	Неисправность тормоза (B2) 2-й передачи	Осмотреть диски, уплотнительное кольцо поршня и при необходимости заменить
	Неисправность односторонней муфты (F1) № 1	Проверить работу односторонней муфты (F1) № 1 и при необходимости заменить
	Неисправность клапанного узла (особенно клапан переключения 1-2-й передач и накопитель B2)	Проверить работу клапана переключения 1-2 передач, накопителя B2 или клапанного узла и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 1	Осмотреть соленоид №1 и при необходимости заменить
	Неисправность датчиков импульсов входной или выходной скорости трансмиссии	Заменить датчики импульсов входной или выходной скорости трансмиссии
5. В позиции «D» и «3» не переключается скорость со 2-й на 3-ю передачу	Неисправность муфты понижающей передачи	Осмотреть диски муфты, трубку, сальник, уплотнительное кольцо поршня и при необходимости заменить
	Неисправность клапанного узла (особенно клапан переключения 2-3-й передач)	Проверить работу клапана переключения 2-3-й передач, осмотреть клапанный узел и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 3	Осмотреть соленоид № 3 и при необходимости заменить
	Неисправность датчиков импульсов входной или выходной скорости трансмиссии	Заменить датчики импульсов входной или выходной скорости трансмиссии
6. В позиции «D» и «3» не переключается скорость с 3-й на 4-ю передачу	Неисправность муфты прямого привода (C2)	Осмотреть диски муфты, трубку, сальник, уплотнительное кольцо поршня и при необходимости заменить

<b>Вид неисправности</b>	<b>Причины неисправности</b>	<b>Принимаемые меры</b>
6. В позиции «D» и «3» не переключается скорость с 3-й на 4-ю передачу (продолжение)	Неисправность клапанного узла (особенно клапан переключения 3-4-й передач)	Проверить работу клапана переключения 3-4-й передач, клапанного узла и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 1 (короткое замыкание цепи)	Осмотреть соленоид № 1 и при необходимости заменить
	Неисправность датчиков импульсов входной или выходной скорости трансмиссии	Заменить датчики импульсов входной или выходной скорости трансмиссии
	Неисправность датчика температуры масла	Осмотреть датчик температуры масла и при необходимости заменить
7. Не срабатывает «Kick down» с 4-й на 3-ю передачу	Неисправность муфты прямого привода (C2)	Осмотреть диски муфты, сальник, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить
	Неисправность одной муфты (F1) № 1	Осмотреть муфту (F1) № 1 и при необходимости заменить
	Неисправность клапанного узла (особенно клапан переключения 3-4-й передач)	Проверить работу клапана переключения 3-4-й передач, клапанного узла и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 1 (короткое замыкание цепи)	Осмотреть соленоид № 1 и при необходимости заменить
8. Не срабатывает «Kick down» с 3-й на 2-ю передачу	Неисправность тормоза (B4)	Осмотреть ленту тормоза, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить
	Неисправность одной муфты (F3) № 3	Проверить работу муфты (F3) № 3 и при необходимости заменить
	Неисправность клапанного узла (особенно клапан переключения 2-3-й передач)	Проверить работу клапана переключения 2-3-й передач, осмотреть клапанный узел и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 2 (короткое замыкание цепи)	Осмотреть соленоид № 2 и при необходимости заменить
9. Не срабатывает «Kick down» со 2-й на 1-ю передачу	Неисправность одной муфты (F2) № 2	Проверить работу муфты (F2) № 2 и при необходимости заменить
	Неисправность клапанного узла (особенно клапан переключения 1-2-й передач)	Проверить работу клапана переключения 1-2-й передач, осмотреть клапанный узел и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 1 (короткое замыкание цепи)	Осмотреть соленоид № 1 и при необходимости заменить

<b>Вид неисправности</b>	<b>Причины неисправности</b>	<b>Принимаемые меры</b>
10. Когда селектор находится в позиции «1», отсутствует эффект торможения двигателем	Неисправность тормоза (B3) 1-й и задней передач	Осмотреть диски, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить
	Неисправность клапанного узла (особенно клапан переключения 1-2-й передач)	Проверить работу клапана переключения 1-2-й передач, осмотреть клапанный узел и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 1 (короткое замыкание цепи)	Осмотреть соленоид № 1, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить
11. Когда селектор находится в позиции «2», на 2-й передаче отсутствует эффект торможения двигателем	Неисправность тормоза (B4)	Осмотреть ленту тормоза, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить
	Неисправность инерционного тормоза (B1) 2-й передачи	Осмотреть пластины, уплотнительное кольцо поршня и при необходимости заменить
	Неисправность клапанного узла (особенно клапан переключения 2-3 передачи и клапан модулятора 2-й передачи)	Осмотреть клапан переключения 2-3 передачи, клапан модулятора 2-й передачи, клапанный узел и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 2 (короткое замыкание цепи)	Осмотреть соленоид № 2 и при необходимости заменить
12. Когда селектор находится в позиции «3», на 3-й передаче отсутствует эффект торможения двигателем	Неисправность инерционного тормоза 3-й передачи	Осмотреть диски, уплотнительное кольцо поршня и при необходимости заменить
	Неисправность муфты понижающей передачи (C3)	Осмотреть диски муфты, трубку, сальник, уплотнительное кольцо поршня и при необходимости заменить
	Неисправность соленоида № 1	Осмотреть соленоид № 1 и при необходимости заменить
13. Помехи при переключении селектора из позиции «N» в позицию «D»	Неисправность клапанного узла (особенно соленоида регулировки давления масла, клапана первичного регулятора и контрольного шарика)	Осмотреть клапанный узел (особенно соленоид регулировки давления масла, клапан первичного регулятора и контрольный шарик) и при необходимости заменить
	Неисправность накопителя C1	Осмотреть уплотнитель, пружины и заменить при необходимости
	Неисправность муфты переднего хода (C1)	Осмотреть соленоид № 1 и при необходимости заменить
	Неисправность тормоза (B4)	Осмотреть ленту тормоза, уплотнительное кольцо поршня, прокладку и при необходимости заменить
	Неисправность односторонней муфты (F2) № 2	Проверить работу муфты (F2) № 2 и при необходимости заменить
	Неисправность односторонней муфты (F3) № 3	Проверить работу муфты (F3) № 3 и при необходимости заменить

Вид неисправности	Причины неисправности	Принимаемые меры
14. Помехи при переключении селектора из позиции «N» в позицию «R»	Неисправность клапанного узла (особенно соленоида регулировки давления масла, клапана первичного регулятора и контрольного шарика)	Осмотреть клапанный узел (особенно соленоид регулировки давления масла, клапан первичного регулятора и контрольный шарик) и при необходимости заменить
	Неисправность накопителя С2	Осмотреть уплотнитель, пружины и заменить при необходимости
	Неисправность муфты прямого привода (С2)	Осмотреть диски муфты, сальник, прокладку и заменить при необходимости

**Последовательность устранения неисправностей силового агрегата:**

1. Анализ неисправности – определение характера неисправности и условия ее появления.

Возможные проявления неисправностей:

- автомобиль не движется или плохо разгоняется (пробуксовка муфт при разгоне и торможении);
- жесткое включение передач;
- нет переключений на последующие передачи;
- нет переключений на повышенную или пониженную передачу;
- нет торможения двигателем;
- нет переключения на стояночную тормозную систему.

2. Предварительный контроль и регулировка:

- контроль частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода;
- контроль полного открытия дроссельной заслонки;
- регулировка длины хода троса дроссельной заслонки;
- контроль уровня и состояния загрязнения масла;
- контроль включателя блокировки пуска двигателя;
- контроль включения управления повышающей передачей;
- контроль давления в магистрали.

3. Испытания:

- определение частоты вращения вала двигателя на холостом ходу;
- определение времени задержки при переключении передач;
- определение давления масла;
- дорожные испытания.

4. Определение возможной причины неисправности.

5. Устранение неисправности.

6. Окончательный контроль.

**Основными средствами диагностирования автоматических коробок передач (АКП)** являются типовые измерители:

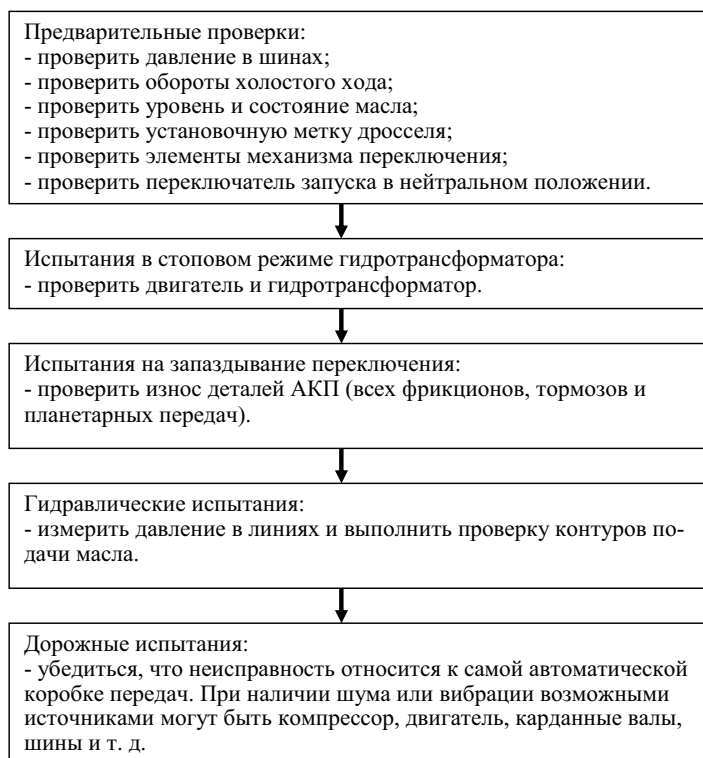
- люфтомеры определения суммарных угловых зазоров в зубчатых зацеплениях;
- индикаторные головки определения радиальных и осевых зазоров в подшипниковых узлах качения и скольжения;
- манометры и гидротестеры определения давления в гидравлической магистрали;
- щуп для контроля уровня масла;
- средства контроля качества масел и жидкостей;
- амперметры, вольтметры и осциллографы;
- стенды испытательные автомобилей с беговыми барабанами, а также специальные;
- тестеры и сканеры для распознавания кодов неисправностей;
- индивидуальные дорожные тестовые испытания.

При общем контроле технического состояния коробки передач используют переносные приборы, позволяющие определять частоту вращения коленчатого вала двигателя и ведомого вала коробки передач. Для выявления отказов и неисправностей дополнительно используются автотестер, подключаемый поочередно к соленоидам гидроклапанов.

**Стендовое диагностирование АКП** проводится посредством тестовых испытаний автомобиля на динамометрическом стенде с заданием необходимых скоростных и нагрузочных режимов: разгона, торможения, установившегося движения на каждой передаче. В перспективе планируется создание специализированных динамометрических стендов с автоматической программой испытания АКП [11]. Алгоритм испытаний АКП приведен на рис. 4.28.

Для проверки работоспособности АКП наиболее распространены следующие диагностические методы: контроль давления масла, стендовые испытания, диагностирование по кодам неисправностей (для АКП с ЭБУ). В некоторых случаях для определения неисправности необходим демонтаж агрегата с автомобиля.

Причинами невключения какой-либо передачи АКП являются выход из строя электромагнитов (соленоидов), заклинивание главного гидроклапана-золотника, неисправности в работе гидравлических клапанов, разрегулировка системы автоматического управления переключения передач. Рывки при переключении передач, как правило, возникают при разрегулировке переключателя золотников периферийных клапанов или ослаблении крепления центробежного регулятора и тормоза главного золотника. Несоответствие моментов переключения передач по скорости движения и степени открытия дроссельной заслонки возникает при разрегулировке системы автоматического переключения передач и понижении давления масла в главной магистрали из-за износа деталей масляных насосов или чрезмерных внутренних утечек масла.



**Рис. 4.28. Алгоритм испытаний АКП**

#### **4.3.4. Контроль давления в гидравлических системах**

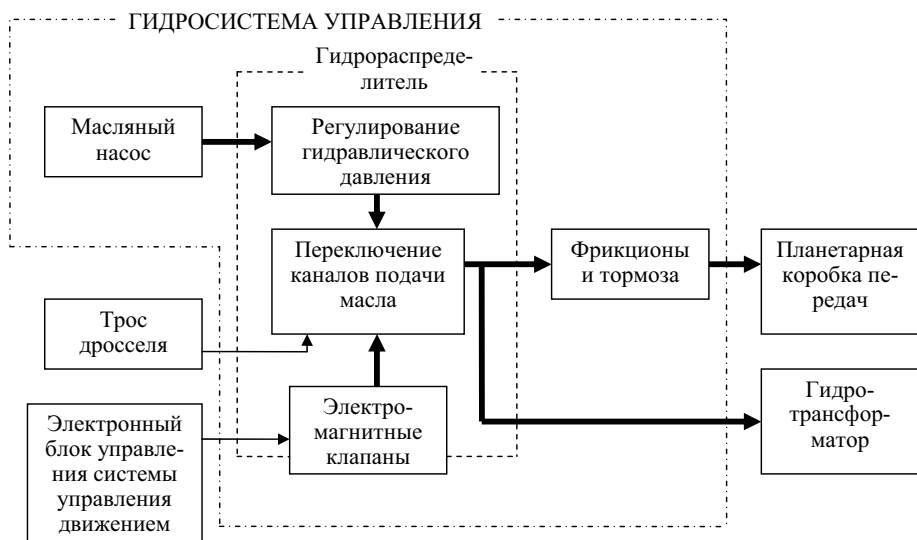
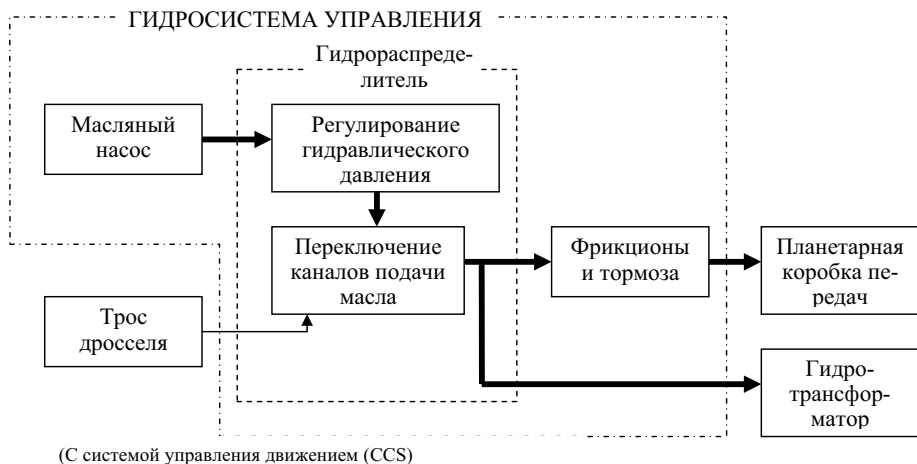
Схемы работы гидравлических систем управления приведены на рис. 4.29.

Гидравлический тест предназначен для косвенной проверки характеристик масляного насоса, клапанов корпуса затворов и рабочих элементов. При этом измеряют линейное давление при различных позициях селектора.

Проверку давления масла в магистралях АКП проводят контрольным масляным манометром, который поочередно (через специальный переходник) подсоединяют к отверстиям в корпусе гидроклапанов на входе и выходе масляной магистрали. Сравнивая величины давления с рекомендуемыми значениями, делают заключение о техническом состоянии АКП (рис. 4.30).

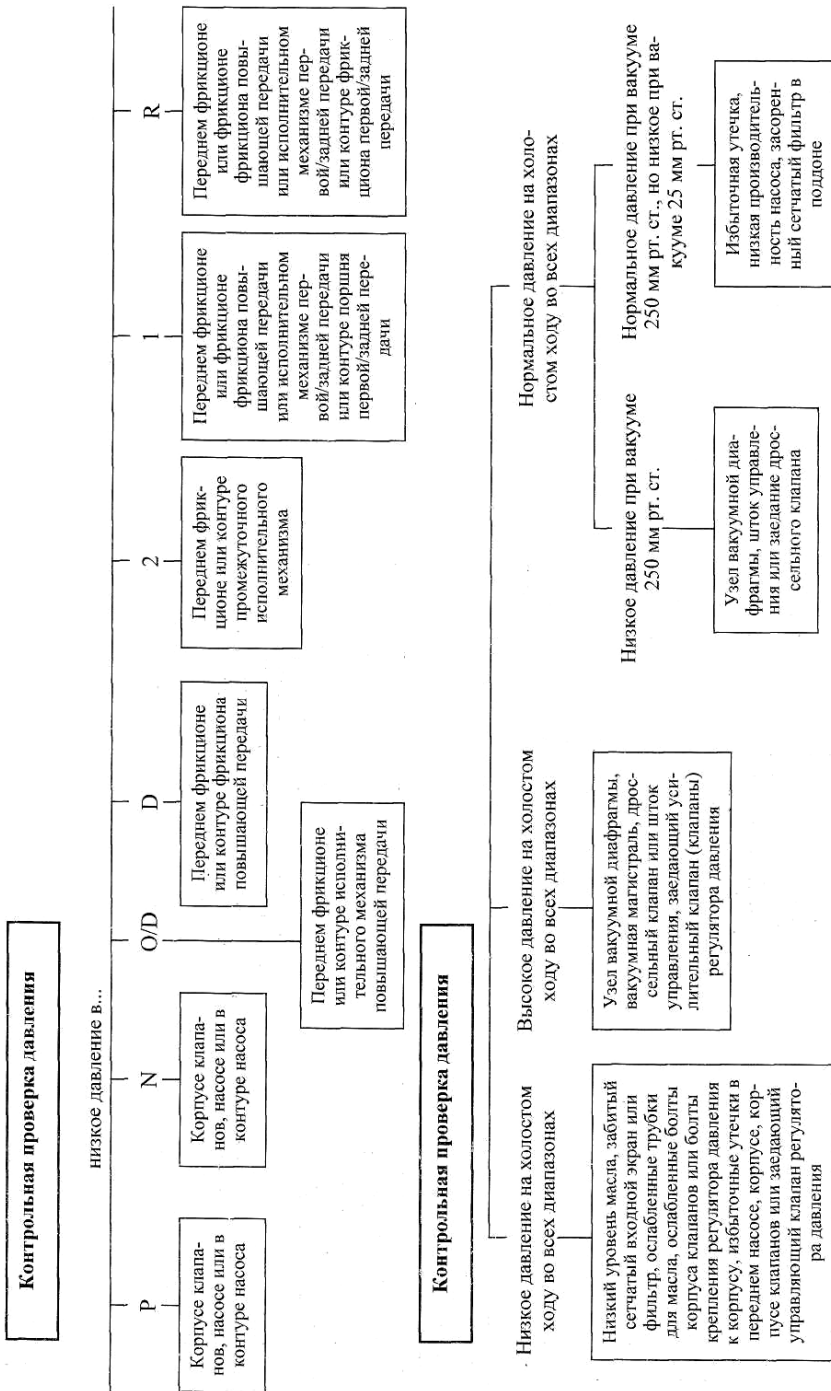
Схема диагностики неисправностей гидравлических цепей приведена в табл. 4.8.

Номера, записанные слева на схеме диагностики неисправностей, показывают оценку возможных причин неисправностей: 1 – наиболее вероятная причина; 2 – вторая по вероятности причина; 3 – третья по вероятности причина.



**Рис. 4.29. Схемы работы гидросистем АКП**

Большинство механиков обычно избегает проверки давления. В большинстве случаев это связано с недостатком опыта и знаний работы гидравлической системы или с непониманием того, какой вывод можно сделать после проверки.



**Рис. 4.30. Комбинированная схема диагностирования коробки передач**

Проверка давления наиболее ценна для использования в специальных проблемных ситуациях, особенно при диагностике проблем с переключением передач и пробуксовке, причины которых остались неизвестными. Когда неисправность по-прежнему остается после обычных диагностических проверок, то последним этапом будет проведение проверок давления жидкости (масла). Проверки давления помогут определить проблемные области такие, как насос, системы дроссельного клапана и центробежного регулятора.

Таблица 4.8

**Возможные неисправности АКП AW03-71L, AW03-71LE и меры по их устранению**

Не запускается двигатель																	
Не двигается в позиции «1», «2» или «D»																	
Не двигается в позиции «R»																	
Помехи в распространении тягового усилия при переключении с 3 на 4 передачу																	
В позициях «D» и «2» не переключается на 1 и 2 передачи																	
Не переключается со 2-й на 3-ю передачу																	
Не переключается с 3-й на 4-ю передачу																	
Не происходит «Kick down» с 4-й на 3-ю передачу																	
Не происходит «Kick down» с 3-й на 2-ю передачу																	
Не происходит «Kick down» со 2-й на 1-ю передачу																	
Машина плохо ускоряется																	
Переключение скорости на слишком низкой скорости																	
Слишком раннее или позднее переключение скоростей																	
Перегрев трансмиссии																	
В позиции «1» нет эффекта торможения двигателем																	
На 2-й передаче нет эффекта торможения двигателем																	
																<b>Причина</b>	<b>Устранение</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	1				1										1	2
	2	2															
												1					
													2				
2	3	3															
							1	1	1	1		1					
											2						
										1							
4	4		1	1	2		2	2	2			3		2	2		
																Неисправен Valve BodyAss'y	Заменить

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4																Неисправен ключ «нейтраль»	Заменить
							3									Неисправен гидравлический ключ «Kick down»	Заменить
						4	2									Неисправен электромагнитный клапан	Заменить
						3										Неисправен ключ автоматического переключения на 4-ю передачу	Заменить
													4			Неисправна муфта трансформатора	Заменить трансформатор
	5	5								3				3		Неисправен гидравлический трансформатор	Замена
				2	2	6						2				Неисправен центробежный регулятор	Замена
3	6	6														Неисправен масляный насос	Замена
			1													Неисправна обгонная муфта F0	Замена
				4												Неисправна обгонная муфта F1	Замена
	8															Неисправна обгонная муфта F2	Замена
						5										Неисправен многодисковый тормоз B0	Осмотр с разборкой
				3	3											Неисправен многодисковый тормоз B2	Осмотр с разборкой
		8														Неисправен многодисковый тормоз B3	Осмотр с разборкой
	7															Неисправна многодисковая муфта C1	Осмотр с разборкой
		7														Неисправна многодисковая муфта C2	Осмотр с разборкой
9	9		5	4	7					4			5	3	3	Неисправна трансмиссия	Замена
						8	4									Неисправен блок электронного управления	Проверка

Не допускайте ошибку, которая состоит в снятии коробки передач с автомобиля для разборки и проверки в попытках найти причину неисправности. Что вы будете делать для поиска неисправности, если вы не знаете, где искать? Поздно будет что-то делать, когда коробка передач разобрана. Лучше путем проверок давления можно определить, где искать неисправность. В большинстве случаев можно обнаружить возможность устранения неисправности без снятия коробки передач с автомобиля.

При проверках давления обычно не удается проверить, правильно ли работают исполнительные механизмы (сервоприводы) или фрикционы. Они помогут исключить основные гидравлические системы в качестве возможной причины неисправности, когда значения давления правильные. В част-

ности, проверка давления выясняет гидравлическую целостность следующих систем: [11]

- насос;
- системы дроссельного клапана;
- центробежного регулятора (в некоторых случаях);
- заедающих клапанов переключения (в некоторых случаях);
- рабочей жидкости контура фрикциона (в некоторых случаях).

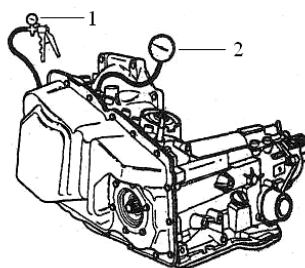
Проверка давления включает в себя определение давлений в коробке передач в каждом из рабочих диапазонов при определенных условиях, указанных компанией-производителем. Достоверность результатов проверок зависит от следующих факторов:

- уровень и состояние жидкости коробки передач нормальные;
- жидкость коробки передач находится при рабочей температуре;
- тяги управления настроены правильно;
- регулировки деталей управления дроссельным клапаном на коробке передач правильные;
- вакуум модулятора правильный;
- процедуры проверки проведены точно;
- контрольные приборы и оборудование обеспечивают точные и правильные показания;
- результаты измерений записаны для сравнения с техническими данными, не полагаясь на память.

**Диагностическими инструментами для измерения давления являются:** манометр, вакуумный насос-вакуумметр, тестер, прибор Fluke с модулем для измерения давления и вакуума и др.

Тестер для автоматических коробок передач может сочетать в себе несколько различных приборов для быстрой и точной проверки давления (рис. 4.31). Он обеспечивает легкое измерение числа оборотов двигателя, вакуума и гидравлических давлений и может использоваться для проверки в условиях движения. Полученные значения помогут определить регулировку числа оборотов холостого хода, регулировку троса управления дроссельным клапаном, состояние системы вакуумного модулятора, давления в гидравлических контурах, остановки и моменты переключения в коробке передач. Также можно проверить контур переключения и срабатывания муфты гидротрансформатора при ее работе.

Шланг манометра и переходник (адаптер) подсоединяются к заглушке для измерения линейного давления на автоматической коробке передач. В большинстве случаев имеется только это давление. Если вы посмотрите основы теории управления давлением, то вспомните, что рабочее линейное



**Рис. 4.31. Схема измерения давления;**

1 – место подсоединения манометра (J21867); 2 – ручной вакуумный насос (J23738)

давление всегда реагирует на крутящий момент двигателя и иногда на скорость автомобиля. Следовательно, через одно отверстие для контроля линейного давления можно контролировать насос, модулятор и систему центробежного регулятора, так как они влияют на результаты проверки линейного давления.

Процедура контроля линейного давления в коробках передач представлена в табл. 4.9. Контрольные места показаны на рис. 4.31. [11]

Таблица 4.9

**Характеристика коробки передач HYDRA-MATIC 4T60-E  
(выпуска 1995 года)**

	Диапазон	Модели	Давление, кПа	Давление, кгс/см <sup>2</sup>
Минимальное линейное давление  1250 мин <sup>-1</sup> Вакуум 61 кПа (450 мм рт. ст.)	D4, D3, D2	ACW, ASW, BKW, BXW, CAW, KUW, PMW, YMW, YZW	422-475	4,27-4,83
		AJW, ATW, BFW, BLW, PAW, PBW, PCW, WFW, YDW, YNW	512-592	5,18-6,02
		AFW	512-596	5,18-6,02
	D1	AFW, ATW, BLW, PBW	921-1333	9,38-13,51
		ACW, ASW, BKW, BXW, CAW, KUW, PMW, YMW, YZW	998-1276	10,15-12,95
		AJW, BFW, PAW, PCW, WFW, YDW, YNW	1005-1289	10,22-13,09
	P, R, N	ACW, ASW, BKW, BXW, CAW	422-475	4,27-4,83
		KUW, PMW, YMW, YZW	423-536	4,27-5,46
		ATW, BLW	460-666	4,69-6,79
		AFW, PBW	512-666	5,18-6,79
		AJW, BFW, PAW, PCW, WFW, YDW, YNW	542-696	5,53-7,07
	D4, D3, D2	AFW, ATW, BLW, PBW	1148-1400	11,62-14,21
		ACW, ASW, BKW, BXW, CAW, KUW, PMW, YMW, YZW	1150-1390	11,69-14,14
		AJW, BFW, PAW, PCW, WFW, YDW, YNW	1153-1400	11,69-14,21
	D1	AFW, ATW, BLW, PBW	921-1333	9,38-13,51
		ACW, ASW, BKW, BXW, CAW, KUW, PMW, YMW, YZW	998-1276	10,15-12,95
		AJW, BFW, PAW, PCW, WFW, YDW, YNW	1005-1289	10,22-13,09
	P, R, N	AJW, BFW, PAW, PCW, WFW, YDW, YNW	1540-1869	15,61-18,97
ACW, ASW, BKW, BXW, CAW, KUW, PMW, YMW, YZW		1570-1898	15,96-19,25	
AFW, ATW, BLW, PBW		1774-2161	17,99-21,98	

**Процедура проверки** линейного давления на примере коробки передач HYDRA-MATIC 4T60-E

1. Проверьте уровень жидкости (масла). (См. описание процедуры проверки уровня жидкости в коробке передач 4T60-E).

2. Снимите заглушку для измерения линейного давления и подсоедините манометр (рис. 4.31).

3. Отсоедините вакуумную магистраль от модулятора коробки передач и подсоедините вакуумметр/вакуумный насос (2) к вакуумной магистрали двигателя.

4. Заведите двигатель; затяните стояночный тормоз и определите значение вакуума:

- на уровне моря вакуум двигателя должен быть не менее 61 кПа (450 мм рт. ст.). Вакуум двигателя упадет примерно на 3,5 кПа (25 мм рт. ст.) для повышения высоты на каждые 305 м.

5. Отсоедините вакуумметр (вакуумный насос (2) от вакуумной магистрали двигателя. Подсоедините вакуумметр/вакуумный насос к модулятору коробки передач. Установите заглушку в вакуумную магистраль двигателя для предотвращения утечки вакуума.

6. Увеличьте обороты двигателя до  $1250 \text{ мин}^{-1}$ .

7. Проверьте линейное давление коробки передач:

- минимальное линейное давление – подайте вакуум 61 кПа (450 мм рт.ст.) к модулятору с помощью вакуумметра/вакуумного насоса (2);

- полное линейное давление – подайте нулевой вакуум (0 мм рт. ст.) к модулятору с помощью вакуумметра/вакуумного насоса;

- определите значения давления во всех диапазонах для минимального и полного линейного давлений и сравните эти значения с информацией в приведенной табл. 4.9.

8. С помощью диагностических таблиц проведите диагностику по значениям линейного давления, когда они слишком низкие или слишком высокие.

9. Подсоедините вакуумную магистраль двигателя к модулятору коробки передач. Отсоедините манометр (1) на выключенном двигателе и установите заглушку для измерения линейного давления.

Общее время проверки не должно превышать 2 мин, иначе можно повредить коробку передач. При этом тормоза должны быть задействованы постоянно для предотвращения неожиданного перемещения автомобиля.

Возможные причины неисправностей по результатам гидравлического теста представлены в табл. 4.10. на примере АКП переднеприводного автомобиля DW20.

В АКП выбор требуемого режима движения (E – экономный, S – спортивный, W – в затрудненных условиях) производится рычагом, т. е. селектором вручную, а согласование режимов работы АКП с блоком управления работой двигателя, включение и переключение соответствующих передач – автоматически с учетом режимов работы автомобиля и двигателя, а также сигналов ЭБУ АКП (11 на рис. 4.32), получающего информацию от датчи-

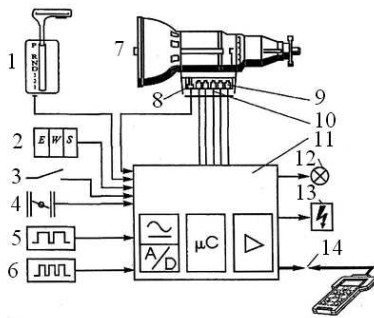
ков 4, 5, 6, 8, в том числе используемых в системе компьютерного управления работой двигателя

Таблица 4.10

**Возможные причины неисправностей по результатам гидравлического теста**

Результаты гидравлического теста	Возможные причины неисправности
В позициях «D» и «R» давление масла выше нормы	Неисправен соленоид регулировки давления масла
	Неисправен клапан первичного регулятора
В позициях «D» и «R» давление масла ниже нормы	Неисправен соленоид регулировки давления масла
	Неисправен клапан первичного регулятора
	Неисправен масляный насос
	Неисправен Under Drive Brake
Только в позиции «D» давление масла ниже нормы	Течь масла в цепи позиции «D»
	Неисправна муфта переднего хода
Только в позиции «R» давление масла ниже нормы	Течь масла в цепи позиции «R»
	Неисправен тормоз 1-й и задней передач
	Неисправна муфта прямого привода

В качестве исполнительного устройства переключения передач в АКП используются гидроклапаны, управляемые соленоидами 10, получающими соответствующие сигналы от ЭБУ 11 для распределения масла в секции выбранных передач. Давление масла в гидравлической системе АКП создается одним или двумя насосами.



**Рис. 4.32. Электронно-гидравлическая схема контроля технического состояния АКП**

ная лампа отказов; 13 – сигнал для изменения крутящего момента на коленчатом валу в блоке управления работой двигателя; 14 – разъем для подсоединения диагностических приборов.

Автомобили с такими АКП оснащаются сигнальной лампой 12 и специальным диагностическим разъемом 14, позволяющими считывать из оперативной памяти компьютерного блока коды неисправностей и проводить их расшифровку с помощью диагностического прибора.

На рис. 4.32 обозначены: 1 – селектор переключения передач; 2 – переключатель программ режима движения; 3 – кнопка принудительного включения пониженной передачи («Kick down»); 4 – сигнал от датчика положения дроссельной заслонки; 5 – сигнал от датчика крутящего момента двигателя; 6 – сигнал от датчика частоты вращения коленчатого вала; 7 – автоматическая коробка передач; 8 – датчик частоты вращения ведомого вала; 9 – регулятор давления; 10 – соленоиды гидроклапанов; 11 – электронный блок управления; 12 – сигнальная лампа отказов; 13 – сигнал для изменения крутящего момента на коленчатом валу в блоке управления работой двигателя; 14 – разъем для подсоединения диагностических приборов.

**Диагностирование АКП** производится в движении автомобиля методом остановки двигателя, применением упрощенного контроля общего технического состояния гидротрансформатора и самой коробки передач, по частоте вращения коленчатого вала двигателя без применения динамометрического стенда. Технология проверки следующая. Первоначально автомобиль устанавливается на пост с подъемником или смотровой канавой для подключения тахометра к ведомому валу АКП, затем отсоединяется контакт кнопки принудительного включения пониженной передачи («Kick down»), селектор переключения передач устанавливается в нейтральное положение, включается стояночный тормоз, к датчику частоты вращения коленчатого вала двигателя подключается тахометр, после чего двигатель прогревается. Для выполнения проверки до упора нажимается педаль тормоза, включается низшая передача и при медленном нажатии на педаль привода дроссельной заслонки увеличиваются обороты коленчатого вала двигателя до момента его остановки (так как автомобиль заторможен и не может двинуться с места). Частота вращения коленчатого вала двигателя и обороты ведомого вала коробки передач записываются. Далее аналогичная проверка осуществляется на других передачах. Полученные результаты сравнивают с рекомендуемыми значениями, после чего делается заключение о работоспособности АКП. Так, например, если частота вращения коленчатого вала, при которой двигатель заглох, выше рекомендуемой, то АКП проскальзывает, а если ниже – заклинивает реактивное колесо гидротрансформатора.

В табл. 4.11 приведены значения частоты вращения коленчатого вала при остановке двигателей с различным рабочим объемом, оснащенных коробкой передач типа TORQUEFLITE A-413.

*Таблица 4.11*

**Частота вращения коленчатого вала при остановке двигателей с различным объемом, оснащенный КП типа TORQUEFLITE**

<b>Рабочий объем двигателя, л</b>	<b>Частота вращения коленчатого вала при остановке двигателя, мин<sup>-1</sup></b>
2,2:	
без турбонаддува	2050-2250
с турбонаддувом	3150-3350
2,5	2250-2450
3,0	2500-2700

Если частота вращения коленчатого вала при остановке двигателя выше, чем рекомендованная заводом-изготовителем частота вращения первичного вала коробки передач, проверку необходимо прекратить и искать причину этого. Причиной может стать пробуксовывание фрикциона или низкое рабочее давление из-за повреждения шлицев турбины на ведущем валу.

При диагностике автоматических коробок передач сначала считывают коды неисправностей двигателя и коробки передач с помощью диагностического тестера и устраняют неисправности двигателя. Затем выполняют тестирование коробки передач.

Типичные неисправности автоматической коробки передач, наблюдаемые при переключении скоростей и движении автомобиля это:

- переключение скоростей происходит с толчками, а после прогрева – нормально;
- нет заднего хода, есть только первая или вторая передача, 3-я и 4-я передачи не включаются;
- нет движения ни назад, ни вперед;
- переключение передач происходит при скоростях, которые выше нормальных;
- автомобиль при движении дергается;
- сбой в работе двигателя, например, недостаточная мощность или неправильность информации, поступающей в ЭБУ (неправильно считанная информация). Более подробно о неисправностях АКП см. Приложение А.

Непоследовательное переключение передач может быть вызвано засорением выпускной системы (забита) или смещением фаз газораспределения. Блок управления двигателем способен корректировать и поддерживать работу двигателя, даже в том случае, когда работа коробки передач неустойчива.

Любой недостаток работы двигателя необходимо устранять при первых незначительных проявлениях. Легко совершить ошибку и разобрать коробку передач, а затем выяснится, что неисправность возникла в двигателе или в его выпускной системе, а не в коробке передач.

Загорание лампы МП на панели приборов указывает на то, что блоком управления двигателем или силовым агрегатом (ЕСМ/PCM) обнаружена неисправность в системе контроля токсичности отработавших газов или неисправность деталей силового агрегата – двигателя или коробки передач.

Диагностические коды неисправностей (DTC) представляют собой последовательность вспышек контрольной лампы МП определенной продолжительности.

Если поступает сигнал о неисправности, то сразу же необходимо отпустить педаль подачи топлива, так как в это время происходит пробуксовка, которая может привести к повреждению коробки передач. Если возникают необычные шумы, проверку следует остановить. Звуки вспенивания или воющие звуки, вызванные работой жидкости в гидротрансформаторе, допускаются при проверке остановки двигателя. Металлические же шумы в силовом агрегате указывают на неисправность гидротрансформатора.

Если частота вращения коленчатого вала меньше на 100-200 мин<sup>-1</sup> рекомендуемой заводом-изготовителем, то причиной этому, вероятно, стала потеря мощности двигателя, вызванная неисправностью свечей зажигания или сбоем во вторичной (высоковольтной) цепи системы зажигания.

Устранение неисправностей производится в такой же последовательности, что и для силового агрегата (подраздел 4.3.3, пункт «последовательность устранения неисправностей силового агрегата»).

Указанные методы диагностирования, помимо выявления нарушений функционирования АКП и определения необходимости ее ремонта, позволяют проводить индивидуальные регулировки систем автоматического

управления переключением передач для максимально экономичного режима расхода топлива на характерных маршрутах движения.

Необходимость и содержание текущего ремонта АКП определяется по результатам диагностирования рассмотренными ранее методами, а также причинно-следственным анализом. [12, 13]

При техническом обслуживании (ТО) АКП проводится общий контроль технического состояния, проверка уровня и давления масла, его замена через 45-60 тыс. км пробега в зависимости от модели АКП. При замене масла для слива его остатков следует отсоединить магистраль, идущую к масляному радиатору. ТО АКП выполняется специалистами высокой квалификации или на специализированных предприятиях фирменной сети производителей автомобилей.

**Бесступенчатые коробки передач (CVT).** Производители трансмиссии считают, что ресурс эксплуатации вариаторной коробки 150-200 тыс. км, на самом деле он вдвое короче. Причина быстрого выхода из строя бесступенчатой трансмиссии кроется в ее конструктивных особенностях и небольшом ресурсе основного вариаторного узла.

Контактная пара, состоящая из наборного клинового ремня и шкива, работает в крайне тяжелых условиях. Как следствие – повышенный износ сегментов ремня и их пазов на шкивах.

Основным прибором для диагностики неисправностей вариатора является сканер. Концерны, производящие автомобили, создают специализированные станции, на которых проводится ТО и ремонт поставляемых в данный регион автомобилей. На этих станциях обязательно имеется сканер ЭБУ дилерского уровня, который позволяет обеспечить полноценное обслуживание всех электронных систем, устанавливаемых на автомобили заводом-производителем. Если на автомобиле присутствует ЭБУ, установленный производителем, и он опрашиваемый, то прибор выполняет все возможные для блока операции. Если этого не происходит, значит блок управления или соединительные линии неисправны. Данные, полученные с их помощью, абсолютно достоверны, что гарантировано производителем автомобиля. Многие дилерские сканеры имеют дополнительные средства поиска неисправностей, работающие в одной программной оболочке со сканером: мультиметр, осциллограф, дилерская база данных, вспомогательные алгоритмы поиска и устранения неисправностей (так называемая «ведомая диагностика»).

### **Контрольные вопросы**

1. Приведите диагностические параметры контроля трансмиссии на стенде с беговыми барабанами.
2. Какие типовые неисправности автоматических коробок передач (АКП)?
3. Приведите этапы общей диагностики АКП.
4. Перечислите основные средства для диагностирования АКП
5. Приведите алгоритм стендового диагностирования АКП.
6. Как контролируют давление масла в магистралях АКП?
7. Перечислите возможные неисправности АКП и их причины.

8. Приведите диагностические средства и процедуры измерения давления в АКП.
9. Как можно диагностировать АКП при движении автомобиля?
10. Какая последовательность диагностирования АКП?
11. В какой последовательности устраняют неисправности АКП?

## **4.4. Контроль технического состояния агрегатов трансмиссии при движении автомобиля и остановке двигателя**

### **4.4.1. Контроль уровня и технического состояния жидкостей АКП**

В предварительную проверку АКП входит определение уровня, цвета и плотности рабочей жидкости. [11, 13]

**Проверка уровня жидкости.** Уровень жидкости, который будет показывать щуп, будет различным при различных температурах вследствие теплового расширения. Поэтому при измерении уровня нужно это иметь в виду. Точное измерение уровня жидкости производят по возможности при достижении нормальной рабочей температуры. Под нормальной рабочей температурой подразумевается температура после 20 км пробега. При этом, как правило, температура рабочей жидкости автоматической коробки передач должна быть 70-80 °С. При прогретой трансмиссии производят проверку уровня в описанной далее последовательности.

Поставить машину на ровном месте и затянуть стояночный тормоз.

Запустить двигатель и на холостом ходу перевести рычаг селектора из положения «Р» в положение «1», затем опять в положение «Р». Вынуть щуп, вытереть начисто, вставить в трубку до упора и затем вновь вынуть.

При этом уровень рабочей жидкости должен находиться между «min» и «max» на той стороне щупа, которая предназначена для измерения уровня жидкости при 80 °С.

Но если при температуре 30 °С машина долго простояла и двигатель остыл, при измерении уровня используют ту сторону щупа, которая предназначена для измерения при 20 °С и производят проверку следующим образом:

- поставить машину на ровном месте и затянуть стояночный тормоз;
- запустить двигатель и после того, как он проработает 1-2 минуты на холостом ходу, проверить уровень жидкости. (Однако температура жидкости в автоматической трансмиссии не должна быть выше 40 °С). При этом уровень жидкости должен находиться на той стороне щупа, которая предназначена для измерения уровня при температуре 20 °С.

**Проверка состояния рабочей жидкости.** Нормальная жидкость должна быть прозрачной и иметь красный цвет. По цвету можно судить о подгорании жидкости, износе или повреждении дисков. Поэтому при проверке уровня жидкости одновременно проверяют и изменение цвета.

Нормальная жидкость должна быть прозрачной и иметь красный цвет. Этот цвет является критерием при проверке, и это нужно иметь в виду.

**Коричневый оттенок жидкости** говорит о жестких условиях эксплуатации. Вследствие того, что жидкость долгое время находилась в условиях высокой температуры и подгорания, изменяется не только цвет, но и появляется запах гари, снижается вязкость и жидкость на ощупь становится шершавой. Все это можно легко определить. Можно точнее выразить ощущение цвета и сказать, что остается красноватый оттенок. Такой же цвет появляется, когда жидкость долго используется без замены, и в этом случае ее необходимо срочно заменить.

**Почернение жидкости** может означать, что происходит подгорание дисков муфты, износ втулок и шестерен. Особенно, когда вследствие износа алюминиевых втулок алюминиевый порошок попадает в жидкость, которая вследствие этого чернеет. Если продолжать эксплуатацию в таком состоянии, то будет происходить пробуксовка муфты, будут возникать посторонние шумы и для предотвращения большего ущерба необходимо срочно произвести технический осмотр с разборкой агрегата. Проверка жидкости является очень важным моментом, так как по ее состоянию можно узнать, где происходит износ, а также состояние износа. Следовательно, если в жидкости содержится много металлического порошка, можно сделать вывод, что в агрегате происходит сильный износ.

**Явление лакирования жидкости** происходит при длительном нахождении при высокой температуре. В этом случае замена жидкости вряд ли поможет, так как уже есть износ муфты и лент. Так как пробуксовка сопровождается запахом гари, то по запаху гари можно судить о наличии пробуксовки. Если продолжать эксплуатацию в таком состоянии, то это может привести к заклиниванию контрольных клапанов, что повлияет на работу гидротрансформатора.

**При появлении молочного цвета жидкости**, то точно так же, как и для моторного масла, можно сделать вывод, что попала влага. Так как в этом случае в жидкость могла попасть охлаждающая жидкость из-за повреждения системы охлаждения, то необходимо произвести ремонт радиатора и охладителя масла и заменить масло.

**Осмотр тяги переключения скорости.** Передвигая рычаг селектора из позиции «N» в разные позиции, производят проверку в описанной далее последовательности.

Передвинуть рычаг селектора из положения «N» в позиции «D», «3», «2», «1» по очереди.

При этом проверяют, мягко ли и точно работает селектор, загораются ли соответствующие лампочки в каждой позиции селектора.

Проверить, работает ли рычаг в позициях «P», «R», «3», «2», «1» только при вытянутой кнопке под ручкой рычага.

Проверить, запускается ли двигатель, когда селектор находится в положениях «N» и «P», загорается ли фонарь заднего хода, когда рычаг находится в положении «R».

Проверить, двигается ли вперед автомобиль, когда селектор переведен из позиции «N» в позицию «D», и двигается ли автомобиль задним ходом, когда селектор переведен в позицию «R».

**Проверка ключа «нейтраль/запуск».** Если автомобиль не запускается, когда рычаг селектора находится в позиции «N» или «P», или запускается в других позициях, кроме «N» и «P», то производят регулировку ключа «нейтраль»/«запуск» в следующей последовательности:

- ослабить болт крепления ключа «нейтраль/запуск»;
- установить рычаг селектора в позицию «N»;
- выставить в линию желобок на кожухе и линию позиции «нейтраль»;
- затянуть болт в этом положении.

При окончательном анализе диагност должен принять решение относительно характера неисправности, относительно причины этой неисправности и решить, что нужно сделать для ее устранения. Диагност также должен полагаться на свои собственные «диагностические средства», т. е. на те, которые даны ему природой, – глаза, уши, нос и просто на здравый смысл. Ничем невозможно заменить знания, опыт и интуицию. Теоретические знания постоянно помогают в принятии верных решение

Неисправности автоматических коробок передач обычно вызваны одним или несколькими условиями:

- неисправностями гидравлики;
- механическими неисправностями;
- неисправностями фрикционных элементов;
- неисправностями гидротрансформатора;
- электрическими или электронными неисправностями;
- плохой работой двигателя или неправильной информацией о работе двигателя, поступающей к коробке передач;
- неправильно выполненной регулировкой.

Диагностика данных неисправностей или подобных является точной процедурой, дающей превосходные результаты. Успех процедуры, однако, зависит от точности полученных данных и информации. Задачей диагноста (техника) является точное проведение необходимых операций до тех пор, пока не будет получена достаточная информация для принятия решения о причине неисправности.

Периодичность замены рабочей жидкости:

- при нормальных условиях работы – через каждые 3 года или через каждые 45000 км пробега;
- при жестких условиях работы – через каждые 2 года или через каждые 30000 км пробега.

#### **4.4.2. Контроль технического состояния трансмиссии при движении автомобиля**

**Дорожные испытания автоматической трансмиссии.** Дорожные испытания проводятся с использованием сканирующего прибора. Для проведения испытаний требуются определенные дорожные условия (высокая разрешенная скорость и хорошее покрытие дороги).

Блок управления трансмиссией (БУТ) рассчитывает моменты переключений на высшие передачи прежде всего по двум параметрам: угол от-

крытия дроссельной заслонки (ДЗ) и скорость автомобиля. Когда наступает момент переключения, БУТ посылает соответствующие электрические сигналы двум электромагнитным клапанам переключения, которые в свою очередь управляют через гидравлические распределители фрикционными исполнительными устройствами. Переключение передач происходит (в соответствии с заложенной в память БУТ программой) при определенных сочетаниях угла открытия ДЗ и скорости движения автомобиля. Сканер позволяет на ходу автомобиля контролировать степень открытия ДЗ при переключениях коробки передач. Некоторые сканеры запрограммированы на автоматическое запоминание параметров переключений передач. Необходимо проверить по прилагаемой к прибору инструкции наличие такого режима.

Проверка переключений коробки передач вверх.

1. Перевести селектор диапазонов коробки передач в положение «D» (Движение).

2. Выбрать одно из двух значений относительного угла открытия ДЗ: 10 или 25%.

3. Включить сканер в режим вывода на дисплей значений скорости автомобиля и относительного угла открытия ДЗ.

4. Разогнать автомобиль при постоянном положении педали акселератора, которое соответствует выбранному углу открытия ДЗ.

5. По мере разгона автомобиля отмечать значения скорости, при которых происходят последовательные переключения коробки передач вверх:

- 2-й передачи;
- 3-й передачи;
- 4-й передачи.

6. Отметить момент включения фрикциона блокировки гидротрансформатора (ГТ) по небольшому падению частоты вращения коленчатого вала двигателя. Блокировка должна происходить на четвертой передаче. Если фрикцион блокировки не включается, следует проверить его исправность. Блокировка ГТ не должна включаться, если температура рабочей жидкости трансмиссии не достигла 25 °С и температура охлаждающей жидкости двигателя ниже 20 °С. Температура трансмиссии двигателя контролируется с помощью сканера.

7. Повторить испытания для нескольких других значений угла открытия ДЗ. При разных переключениях коробки передач (вверх, вниз) и разным открытии дроссельной заслонки.

Диагностика фрикциона блокировки гидротрансформатора. Для полной диагностики системы блокировки ГТ необходимо сначала провести тестирование электрооборудования, а затем гидравлической системы управления блокировочным фрикционом.

Фрикцион блокировки ГТ (ФБТ) включается при подведении давления рабочей жидкости в полость ГТ.

Давление жидкости регулируется с помощью электромагнитного клапана, который установлен в картере трансмиссии. Сигнал управления электромагнитным клапаном формирует БУТ.

Функциональный тест:

- установить тахометр или сканер;
- прогреть трансмиссию до нормальной рабочей температуры пробега автомобиля;
- разогнать автомобиль и двигаться с постоянной скоростью 80-88 км/ч.
- не изменяя положения педали акселератора, слегка нажать на педаль тормоза. При этом ГТ должен разблокироваться. Внешним признаком выключения ФБТ является небольшое увеличение оборотов коленчатого вала двигателя.
- отпустить тормозную педаль и плавно разогнать автомобиль до блокировки ГТ. Включение ФБТ сопровождается незначительным падением частоты вращения вала двигателя.

**Неисправности главной передачи** автомобиля можно выявить при движении автомобиля следующим образом:

1. На прямой передаче («внатяг»), когда зубья шестерен главной передачи работают с полной нагрузкой во время движения автомобиля вперед (на переднем ходу).

2. Накатом с выключенной коробкой передач, когда шестерни главной передачи могут работать на переднем и заднем ходу с минимальной нагрузкой.

3. При переменных режимах движения могут быть выявлены неисправности в работе всей трансмиссии автомобиля.

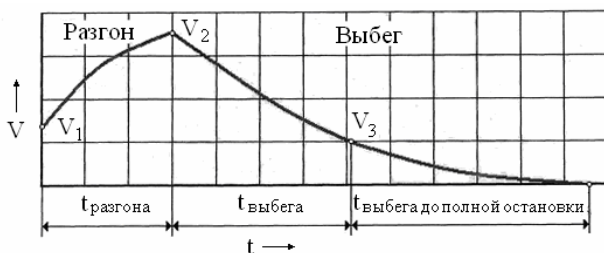
Повышенный шум при работе главной передачи свидетельствует о повреждении (разрушении) подшипников ведущей шестерни, износе подшипников ведущей шестерни, увеличении бокового зазора между зубьями шестерен главной передачи, износе зубьев.

Стук в трансмиссии при перемене режима движения является признаком износа шестерни дифференциала и увеличения зазора в зацеплении главной передачи.

Увеличение потерь на трение и появление неисправностей в трансмиссии автомобиля могут быть определены по пути выбега, по уменьшению времени  $t_{\text{выбега}}$  до определенной скорости ( $V_3$ ) или  $t_{\text{выбега}}$  до полной остановки (рис. 4.33). Последовательность действий:

- разгон со скорости  $V_1$  до скорости  $V_2$  с регистрацией времени  $t_{\text{разгона}}$ , что характеризует техническое состояние двигателя;
- выбег (при отключенном двигателе) от скорости  $V_2$  до скорости  $V_3$  и (или) до полной остановки с регистрацией времени  $t_{\text{выбега}}$  или  $t_{\text{выбега}}$  до полной остановки, что характеризует техническое состояние трансмиссии;
- сопоставление измеренных значений показателей с нормой или контрольными значениями для конкретного типа автомобиля.

Проверку неисправности трансмиссии накатом для многих автомобилей производят со скоростью 50 км/ч. Остановочный путь составляет более 300 м. Если он меньше на 10-20% указанной в заводской инструкции, это свидетельствует о возможной неисправности.



**Рис. 4.33. Схема определения технического состояния двигателя и трансмиссии автомобиля по разгону и выбегу**

Уровни охлаждающей жидкости двигателя, моторного масла и жидкости коробки передач должны соответствовать требованиям норм, приведенным в эксплуатационной документации. Контрольные поездки на автомобиле должны проводить тоже в таких условиях, в каких проявлялись неисправности при поездках клиента (владельца), например, погода, условия движения, утрот, вечером, постоянно и т. п.

**Проверка характера начального переключения,** качества срабатывания и включения задней и передней передач производится на неподвижном автомобиле. Характер начального переключения определяется перед началом движения автомобиля по дороге. Проверка передачи крутящего момента, а также качество срабатывания производится при включении передней и задней передач. Отсутствие задержки, пробуксовки и вибраций означает, что насос работает, линейное давление есть и гидротрансформатор заполнен жидкостью. Для проверки пробуксовки фрикционов/тормозных лент, качества срабатывания и любых ненормальных изменений в характере переключения коробка передач должна поработать в движении в каждом диапазоне. Проверка работы должна осуществляться в режиме минимального, среднего и сильного открывания дроссельной заслонки. При проверке работы проследите, являются ли переключения жесткими или растянутыми во времени. Проверьте значения скоростей, при которых, происходят переключения в восходящем и нисходящем порядке. Следите за резким увеличением оборотов двигателя при переключении, особенно при проверке в режимах среднего и сильного открывания дроссельной заслонки. Оцените, как ведет себя муфта гидротрансформатора.

Для достижения минимальных скоростей при переключении дроссельная заслонка должна быть чуть приоткрыта, чтобы автомобиль мог двигаться со скоростью около 32 км/ч. Вакуум во впускном коллекторе двигателя должен поддерживаться высоким. Для лучших результатов найдите ровный участок дороги или участок с небольшим уклоном. То, что обычно считается мягким разгоном, из состояния остановки является слишком агрессивным режимом для проверки минимальных скоростей, при которых происходит переключение передач. Для получения достоверных результатов определение минимальных скоростей переключения передач требует осторожного и легкого обращения с дроссельной заслонкой от механика

почти при закрытой дроссельной заслонке. Для этого требуется небольшая тренировка техника.

Диагностическая контрольная поездка требует сбора информации и данных. По этой причине нужно обращаться к данным по скоростям переключения передач от компании-производителя (табл. 4.12). [11]

Чтобы произошли все возможные переключения передач, включая принудительное переключение на пониженной передаче, необходимо проехать на автомобиле в каждом диапазоне и проследить за всеми недостатками в работе коробки передач. Из-за того, что проверяются многие детали, лучше записывать все данные проверки, а не держать их у себя в памяти.

**Полная программа проверки в движении** приводится по итоговым таблицам следующих проверок:

- характера начального переключения при работе двигателя на холостом ходу;
- переключения на повышенные передачи при минимально открытой дроссельной заслонке и переключения на пониженные передачи при закрытой дроссельной заслонке;

Таблица 4.12

**Скорости автоматического переключения передач  
и давления центробежного регулятора типичной трехступенчатой  
коробки передач**

	Передаточное число							
	2,78		3,22		3,02 (кроме двигателей с турбонаддувом)		3,02 (двигатели с турбонаддувом)	
	миль/ч	км/ч	миль/ч	км/ч	миль/ч	км/ч	миль/ч	км/ч
Минимальное открывание дроссельной заслонки								
Переключение с 1-й на 2-ю передачу	13-16	21-27	13-16	21-26	13-17	21-27	15-19	24-31
Переключение со 2-й на 3-ю передачу	17-21	27-34	17-21	27-34	18-22	29-35	20-25	32-40
Переключение с 3-й на 1-ю передачу	12-15	19-24	12-15	19-24	13-16	21-26	15-19	24-31
Полное открывание дроссельной заслонки								
Переключение с 1-й на 2-ю передачу	35-42	56-68	34-42	55-68	36-44	58-71	38-42	61-68
Переключение со 2-й на 3-ю передачу	61-68	98-103	59-66	95-106	63-71	101-114	70-80	113-129
Предельные значения системы «Kick down»								
Переключение с 3-й на 2-ю передачу при полностью открытой дроссельной заслонке	56-64	90-103	55-62	89-100	58-66	93-106	64-74	103-119
Переключение с 3-й на 2-ю передачу при частично открытой дроссельной заслонке	44-52	71-84	44-51	71-82	46-54	74-87	48-59	77-95
Переключение с 3-й на 1-ю передачу при полностью открытой дроссельной заслонке	31-38	50-61	30-37	48-60	32-39	51-63	37-40	60-64

	Передачное число							
	2,78		3,22		3,02 (кроме двигателей с турбонаддувом)		3,02 (двигатели с турбонаддувом)	
	миль/ч	км/ч	миль/ч	км/ч	миль/ч	км/ч	миль/ч	км/ч
Давление от центробежного регулятора*								
15 psi (1,05 кгс/см <sup>2</sup> ≈105 кПа)	23-25	37-40	24-27	39-43	24-27	39-43	28-31	45-50
50 psi (3,5 кгс/см <sup>2</sup> ≈350 кПа)	59-65	95-105	56-63	92-101	61-68	98-109	69-76	111-112

\* Давление от центробежного регулятора должно отличаться от указанного на 0-0,2 кгс/см<sup>2</sup> (0-3 psi или 200 кПа), иначе переключение на пониженную передачу не происходит.

*Замечание.* Изменение размера шин или давления в них станут причиной смещения моментов переключения в сторону более высоких или низких скоростей.

- переключения на повышенные передачи при в движении с умеренным открыванием дроссельной заслонки;
- переключения на повышенные передачи при полностью открытой дроссельной заслонке;
- принудительного переключения на пониженные передачи при полностью открытой дроссельной заслонке («Kick down»);
- переключения (для трехступенчатой коробки передач) с 3-й на 2-ю передачу при частично открытой дроссельной заслонке;
- переключения на пониженную (вторую передачу) при закрытой дроссельной заслонке из диапазона «D» в диапазон «2» вручную при скорости 64 км/ч для проверки тормозящего действия.

Иногда сложно ощутить характер переключения коробки передач, особенно при переключении низших передач. Для помощи технику можно подключить универсальный или специальный тестер, например, Shiftalizer, который питается от гнезда прикуривателя. Он работает как аудиотактометр, определяя число оборотов генератора. Моменты переключения и качество переключения легко определяются. В качестве альтернативной методики можно настроить радиоприемник на местную средневолновую радиостанцию (диапазон АМ) и слегка расстроить его в сторону высоких частот. [11]

#### 4.4.3. Анализ результатов диагностической поездки

**Анализ пробуксовки фрикционов и тормозных лент.** Любая пробуксовка или увеличение числа оборотов двигателя при проверке в движении могут указывать на неисправности фрикционов, тормозных лент или обгонных муфт. В процессе исключения можно выявить фрикционные детали, которые пробуксовывают, а также и те детали, которые находятся в хорошем рабочем состоянии. Следует обратить особое внимание на то, что анализ пробуксовки фрикционов и тормозных лент в процессе проверки в движении является бессмысленным, пока не будут выслушаны жалобы водителя и не будут проверены уровень и состояние рабочей жидкости коробки передач.

Следующим этапом является проверка оборотов холостого хода двигателя, вакуумных магистралей, тросов управления, проверка полного открывания дроссельной заслонки, а также электропроводов, которые могут стать причиной пробуксовки и резкого увеличения оборотов двигателя. Смысл состоит в том, чтобы найти и устранить внешние условия, которые могут стать причиной пробуксовки.

Ключом к анализу работы тормозных лент и фрикционов является использование итоговой таблицы работы фрикционов и тормозных лент. Опытному механику необходимо всего лишь сделать некоторые логические выводы. Для иллюстрации того, как работает эта методика, приводится итоговая таблица работы фрикционов и тормозных лент коробки передач TorqueFlite (табл. 4.13). Многие трехступенчатые автоматические коробки передач используют такие же базовые комбинации.

**Пробуксовка, заднего (переднего) фрикциона.** Задний фрикцион постоянно работает на всех передних передачах. При наличии пробуксовки:

- будет пробуксовка или вообще не будет движения на всех передних передачах: диапазоны «D», «2» и «1»;
- если только задний фрикцион является действующим узлом, то коробка передач будет работать в диапазоне R (задняя передача);
- если фрикцион срабатывает с большой задержкой в холодных условиях и работает нормально, когда коробка передач прогреется, то под признак неисправности попадают затвердевшие или изношенные уплотнения поршня фрикциона.

Таблица 4.13

**Диапазоны и работа фрикционов и тормозных лент  
коробок передач TorqueFlite компании «Крайслер»  
для заднеприводных и переднеприводных автомобилей**

Положение рычага селектора	Блокировка стартера	Стояночная распорка	Фрикционы и муфта			Тормозные ленты	
			передний	задний	обгонная муфта	(«Kick down») передняя	передняя и задняя передача
P – стоянка	×	×					
R – задний ход			×				×
N – нейтральная передача	×						
D – движение Первая Вторая Прямая			×	×	×	×	
2 – включаются все передачи Первая Вторая				×	×	×	
1 – включается первая передача				×			×

**Пробуксовка переднего фрикциона** (фрикциона прямой и задней передачи). При пробуксовке переднего фрикциона работают высшая и задняя передачи. [11]

1. Пробуксовка вначале становится заметной на прямой (высшей) передаче, когда при переключении со 2-й на 3-ю передачу резко возрастают обороты двигателя. Когда это имеет место, становится также заметной пробуксовка на задней передаче. Задняя передача работает при давлении, которое почти в три раза больше линейного давления, требуемого для диапазона «D» и, следовательно, пробуксовки может не быть на ранних стадиях неисправности фрикциона.

2. Изношенные или затвердевшие уплотнения поршня вначале проявляются в холодных условиях. Переключение на повышенную передачу затягивается или может не происходить вообще, пока жидкость не станет теплой. Данные условия препятствуют полному включению повышенной передачи в холодных или горячих условиях.

3. Неисправность фрикциона может не всегда приводить к явной пробуксовке результатом может быть дрожь при включении задней передачи. Будьте наготове и проверьте наличие ослабленных или изношенных опор коробки передач и двигателя. Также может быть неисправность с увеличенным рабочим давлением для задней передачи.

4. На первую и вторую передачи влияния нет.

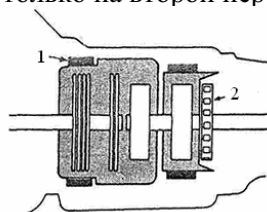
**Пробуксовка тормозной ленты системы «Kick down»** (передней/промежуточной). Неисправность тормозной ленты «Kick down» легко обнаружить, так как тормозная лента работает только на второй передаче.

1. Когда тормозная лента полностью не блокирует детали планетарного механизма, вторая передача пропускается и происходит переключение с 1-й на 3-ю передачу. Когда тормозная лента системы «Kick down» не работает, обгонная муфта блокируется на первой передаче (с начала движения) до тех пор, пока скорость автомобиля не станет достаточно высокой для переключения на прямую передачу (рис. 4.34).

2. Если пробуксовка тормозной ленты системы «Kick down»

еще не зашла очень далеко, то имеет место короткая задержка переключения на повышенную передачу, сопровождаемая ударом, когда тормозная лента сходит с обгонной муфты.

3. Когда селектор перемещается в диапазон «2» из диапазона «D» или происходит принудительное переключение с 3-й на 2-ю передачу, то имеет место пробуксовка или переключение на пониженную передачу не получается. При попытке принудительного переключения с 3-й на 2-ю передачу



**Рис. 4.34. При переключении с 1-й на 3-ю передачу вторая передача пропускается, если тормозная лента системы «Kick down» не работает; обгонная муфта остается работающей при переключении с 1-й на 2-ю передачу:**  
1 – тормозная лента системы «Kick down»;  
2 – обгонная муфта

двигатель разгоняется, пытаясь перевести трансмиссию на передаточное число первой передачи.

**Пробуксовка обгонной муфты.** Это влияет на движение в диапазонах «D» и «2».

1. Коробка передач отказывается включать первую передачу и, следовательно, начало движения автомобиля – в диапазонах «D» и «2».

2. При ручном включении диапазона «1» автомобиль может двигаться вперед на первой передаче. Задняя тормозная лента (первой/задней) блокирует заднее водило для работы первой передачи. Однако конструкция задней тормозной ленты не рассчитана на блокировку тягового усилия в данном рабочем диапазоне, и срок службы может быть сокращен.

**Пробуксовка тормозной ленты первой-задней передач (задней).** В диапазонах «1» и «R» используется тормозная лента первой-задней передач. Признаками пробуксовки тормозной ленты являются следующие:

- пробуксовка, вибрация или полное отсутствие движения назад при включении задней передачи;

- отсутствие торможения двигателем при включенном диапазоне «1» и при движении накатом. Удерживающую способность ленты невозможно проверить при разгоне. Даже если тормозная лента работает, нижняя роликовая муфта осуществляет блокировку (удержание) в диапазоне «1» в условиях движения. Для проверки тормозной ленты в диапазоне «1» разгоните автомобиль, затем быстро отпустите педаль подачи газа и проверьте качество торможения двигателем (рис. 4.35).

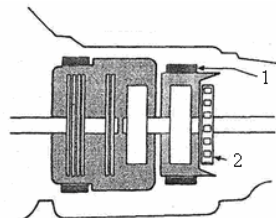
**Задний (передний) фрикцион не освобождается.** Это происходит не часто, но становится, в основном, причиной следующего:

- коробка передач работает нормально во всех диапазонах для движения вперед;

- автомобиль движется вперед на нейтральной передаче и блокируется на задней передаче.

Описанный анализ работы фрикционов и тормозных лент при проверке в движении можно использовать для любой автоматической коробки передач, но предполагается, что механик знаком с рабочими характеристиками и особенностями конструкции коробки передач. К примеру, фрикцион может быть заменен тормозной лентой первой и задней передач или система промежуточной роликовой муфты заменяет промежуточную тормозную ленту. В трехступенчатых коробках передач серии Cruise-O-Matic компании «Форд» диапазон «2» начинается со второй передачи.

**Анализ работы муфты гидротрансформатора.** Технику необходимо знать, что считается нормальной работой муфты гидротрансформатора. Срабатывание муфты гидротрансформатора может привести к некоторым



**Рис. 4.35. Тормозная лента первой и задней передач пробуксовывает: не происходит торможение двигателем или не работает задняя передача:**

1 – тормозная лента 1-й и задней передач; 2 – обгонная муфта

эффектам при движении, которые являются нормальными и могут быть объяснены.

**Неустойчивое переключение** определяется, когда коробка передач проявляет необычный характер переключения в неподходящее время, причиной которого является истинное срабатывание и освобождение гидротрансформатора. Водитель ощущает воздействие крутящего момента между гидравликой и механическим приводом. Ситуация возникает при различных фазах разгона, а другие детали системы муфты гидротрансформатора управляют разными условиями работы двигателя. Неустойчивость переключения является более активной при движении по холмистой местности или при буксировке прицепа. Некоторые ситуации неустойчивости могут потребовать внимания такие, как работа двигателя или регулировка дроссельного клапана коробки передач.

**Удар при замедлении** имеет место, когда водитель резко отпускает педаль подачи газа. Когда двигатель работает при закрытой дроссельной заслонке/низком крутящем моменте, резкие изменения в трансмиссии подают усилие на двигатель еще до освобождения фрикциона. Удар, образованный обратной подачей крутящего момента, становится причиной удара при замедлении (торможении двигателем).

Что касается муфты гидротрансформатора, то это частое срабатывание и освобождение пластины муфты из-за необычных условий движения, которое приводит к неустойчивому переключению. А резкое отпускание педали газа становится причиной обратного воздействия усилия удары при замедлении) через систему передачи крутящего момента (торможение двигателем) перед тем, как рабочая пластина освободится на самом деле.

Активность срабатывания и освобождения муфты гидротрансформатора следует включить в проверку при движении для общей оценки работы коробки передач. Целью на данном этапе является определение условий, которые могут считаться нормальными или, наоборот, потребовать более детальной диагностики. [11]

На некоторых коробках передач иногда очень трудно ощутить дополнительное переключение, когда срабатывает муфта гидротрансформатора, и определить, блокируется ли она. Если муфта гидротрансформатора блокируется, то должно быть снижение оборотов двигателя на 200-300 мин<sup>-1</sup>. Использование сканнера является наиболее точным методом определения того, сработала ли муфта гидротрансформатора и заблокирована ли она в действительности.

Хотя это и не дает точных результатов, аудио-тахометр позволит механику услышать момент переключения и снижение оборотов двигателя. Преимущество аудио-тахометра состоит в его способности улавливания снижения оборотов, которое может быть причиной дрожания или вибрации муфты. Как только муфта срабатывает, регистрируется шипящий звук и проблемы с двигателем отделяются от неисправности гидротрансформатора. В качестве альтернативы, хотя иногда и менее эффективной, можно использовать в качестве аудио-тахометра автомобильный радиоприемник.

Между понятиями «дрожание» и «вибрация» может быть смутная граница. Оба они относятся к повторяющимся подергиваниям. Однако при вибрации воздействие более явно выраженное и быстрое и может даже передаваться в салон автомобиля. Дрожание и вибрация являются такими условиями, которые могут появиться после срабатывания муфты гидротрансформатора. Для определения того, действительно ли неисправность относится к гидротрансформатору, удерживайте мощность двигателя на постоянном уровне и слегка нажмите на педаль тормоза. Если дрожь и вибрации продолжаются, то неисправность не связана с гидротрансформатором – она связана с деталями шасси, с неисправными карданными шарнирами или опорами двигателя, которые подвержены высоким нагрузкам,

Другим методом для достижения тех же результатов является перевод рычага селектора вручную в диапазон «2» из диапазона «D».

Этот метод работает только в том случае, если у коробки передач нет встроенной блокировки второй передачи.

Диагностика вибрации муфты также может быть проведена путем контроля работы датчика кислорода с помощью сканирующего устройства при движении автомобиля. Напряжение датчика переключается между высокими и низкими значениями. Когда скорость автомобиля достигает критической величины появления вибрации, то нужно наблюдать эффект переключения датчика кислорода. Если напряжение остается высоким или низким в течение более долгого периода времени по сравнению с нормальным, то неисправность связана с двигателем. Подозреваемой частью является обычно высоковольтная (вторичная) цепь системы зажигания.

Блокировка гидротрансформатора при низких скоростях и при некоторых условиях движения может привести к вибрациям или к дрожанию, которые обычно пропадают при изменении скорости переключения. Это обычно требует новой загрузки PROM (программируемой долговременной памяти) или замены выключателя центробежного регулятора, рекомендуемого производителем.

PROM – это программируемая долговременная память компьютера, который сравнивает поступающие данные и создает инженерную программу или принимает стратегические решения относительно того, когда подавать соответствующий управляющий сигнал, основываясь на имеющихся в памяти инструкциях.

Не забывайте стереть из памяти все динамические коды неисправностей. Если напряжение от датчика температуры охлаждающей жидкости, к примеру, остается высоким, то компьютер может определить только очень холодное даже в теплый летний день. Реакция компьютера на неправильный входной сигнал будет состоять в подаче в двигатель обогащенной рабочей смеси, и муфта гидротрансформатора не работает. Обратитесь к итоговой таблице проверки в движении муфты гидротрансформатора.

Иногда имеют место необычные условия работы муфты гидротрансформатора. Например, работа муфты гидротрансформатора может быть нормальной при проверке в режиме интенсивного городского движения, но не работает правильно при движении по загородному шоссе. Перед приня-

тием решения о замене гидротрансформатора, соленоида гидротрансформатора и, возможно, корпуса клапанов или компьютера, подумайте о причине более внимательно. Может быть, причина в несоответствующей температуре охлаждающей жидкости или в неисправном датчике температуры охлаждающей жидкости. Имейте в виду, что при движении в условиях города температура охлаждающей жидкости повышается, а при движении по шоссе температура понижается. Температура охлаждающей жидкости должна достигнуть значения около 83 °С для того, чтобы компьютер заземлил цепь управления соленоидом муфты гидротрансформатора.

Ошибочно можно, что радиатор лучше для двигателя и заменит термостат. Двигатель никогда не достигнет своей рассчитанной рабочей температуры и из практики известно, что трудно достичь или превысить критическую температуру 83 °С при движении по шоссе. Такую же ситуацию может создать сам неработающий термостат. Для быстрой проверки при динамической проверке в движении воспользуйтесь куском картона, чтобы закрыть часть радиатора. Если проблема не исчезает, то сконцентрируйте свое внимание на датчике температуры охлаждающей жидкости двигателя и его цепи. Чтобы предотвратить поступление к компьютеру неверной информации, убедитесь, что уровень охлаждающей жидкости в двигателе правильный. Для правильной работы необходимо, чтобы датчик температуры был погружен в охлаждающую жидкость.

**Анализ механических неисправностей.** Данный раздел в основном включает в себя такие ситуации, как срезанные шлицы или поврежденные сварные швы. Диагностика зависит от знания как теории, так и особенностей конструкции коробки передач. Некоторые обычные неисправности и вызванные ими особенности поведения коробки передач приведены далее.

**Срезаны шлицы приводного кожуха солнечной шестерни.** Солнечные шестерни планетарных рядов более не могут блокироваться для второй передачи или приводятся в движение для третьей и задней передач в планетарном ряду системы Симпсона. Они работают в трех- и четырехступенчатых автоматических коробках передач. Результатом будет возможность работы коробки передач только на первой передаче и невозможность работы на задней передаче.

**Срезанные шлицы переднего водила.** Так как шлицы водила планетарной передачи соединены с ведомым валом, то результатом будет возможность работы коробки передач только на задней передаче и невозможность движения автомобиля вперед.

**Срезанные шлицы турбинного колеса (турбины) гидротрансформатора.** Это приводит к тому, что автомобиль не может двигаться ни вперед, ни назад. Рабочие давления коробки передач нормальные. Если нет входного крутящего момента, то не может быть и выходного крутящего момента.

**Срезанные или поврежденные сварные швы.** При использовании штампованных конструкций из легких металлов обычной практикой является применение электронно-лучевых сварных швов для соединения узлов конструкции в единую деталь. Обычно сварка соединяет ступицу, вал или

ответственные обработанные детали со штамповкой. Хотя сварка является очень надежным соединением, она может не выдерживать напряжений и ломаться. Можно привести некоторые примеры:

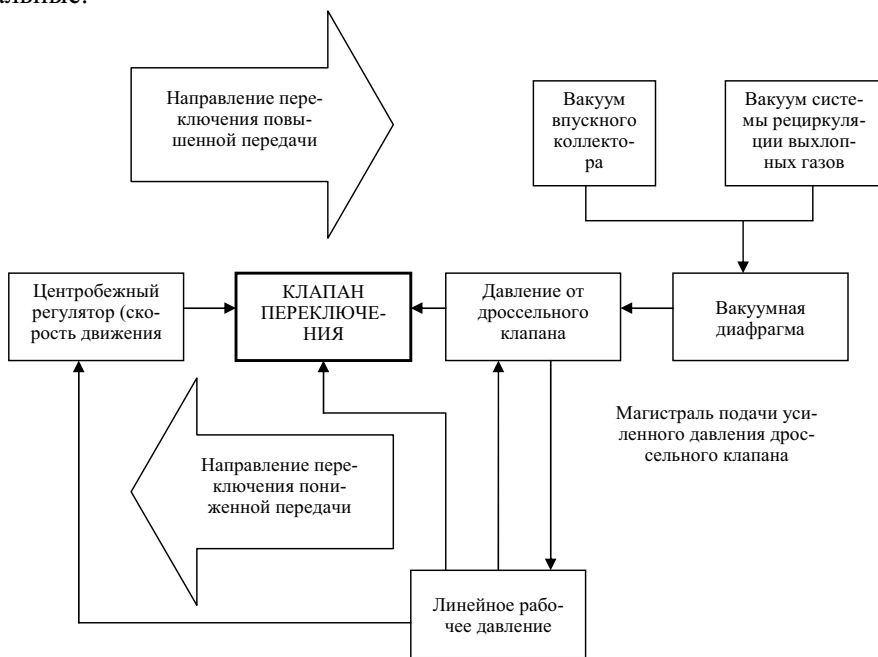
1. В коробке передач AOD компании «Форд» повреждена сварка, соединяющая приводной кожух с солнечной шестерней. Коробка передач может работать только на 1-3-й передачах, а четвертая и задняя передача включаться не будут.

2. Поврежденные сварные участки водила планетарного механизма повышающей передачи коробки передач A4LD. Шлицы ведущего (входного) вала и ступица внутренней обоймы обгонной муфты отделились от планетарного механизма повышающей передачи. Это приводит к отсутствию четвертой передачи.

3. Поврежденный сварной шов на корпусе повышающей передачи в коробке передач GM 4L80-E приведет к отсутствию четвертой передачи.

4. Поврежденная сварка на корпусе переднего фрикциона приведет к отделению ведущего вала от барабана.

5. Срезан входной механизм планетарной передачи, и поэтому не будет движения вперед или назад. Рабочие давления коробки передач нормальные.



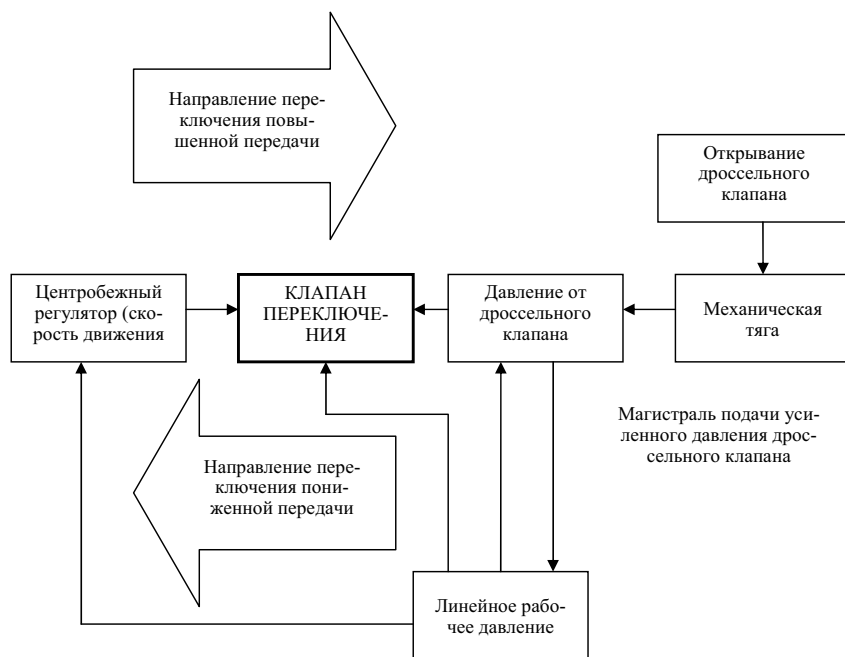
**Рис. 4.36. Блок-схема переключения с управляемой вакуумом системой дроссельного клапана**

6. Срезаны шлицы водила планетарного механизма (на выходе) коробки передач АТХ компании «Форд», и коробка передач не может приводить в движение входную шестерню главной передачи. Если шлицы на входе

главной передачи срезаны, то автомобиль не сможет двигаться ни вперед, ни назад. Рабочие давления коробки передач нормальные и работа фрикционов и тормозных лент нормальная.

**Анализ неустойчивого переключения.** Неустойчивые переключения просто означают, что переключение не происходит или оно происходит в несоответствующие моменты, т.е. при слишком высокой или слишком низкой скорости. Переключение может сопровождаться неправильным поведением – пробуксовкой или жестким характером. И в этот раз можно воспользоваться полной диагностической проверкой в движении для подтверждения своих «подозрений» и анализа возможных причин неисправностей системы переключения.

Проверка в движении для анализа неустойчивого переключения требует от техника знания теории работы системы переключения. Две блок-схемы на рис. 4.36, 4.37 изображают две типичные системы переключения. Единственным различием является способ управления системой дроссельного клапана: вакуумный или механический. [11]



**Рис. 4.37. Блок-схема переключения с механически управляемой системой дроссельного клапана**

Для работы системы переключения необходимо следующее:

1. Система дроссельного клапана или модулятора вырабатывает давление жидкости, чувствительное к крутящему моменту двигателя:
  - используется на клапане переключения для задержки переключения;
  - используется на клапане регулятора давления для усиления линейного давления.

2. Система центробежного регулятора обеспечивает давление пропорциональное скорости автомобиля, которое действует на клапан переключения для его открывания или выполнения переключения.

3. В большинстве случаев, когда переключение произошло, усилию центробежного регулятора противостоит только усилие пружины. Давление дроссельного клапана отсекается от клапана переключения. Некоторые узлы клапанов переключения могут не полностью исключить давление жидкости дроссельного клапана, но заметно сокращают его влияние на клапан переключения.

4. Пружина клапана переключения определяет процесс переключения на пониженную передачу при закрытой дроссельной заслонке, противодействуя усилию от центробежного регулятора.

Большинство неустойчивых переключений происходит из-за разбалансированности системы центробежного регулятора или дроссельного клапана, что приводит к следующим проблемам:

- переключения на повышенную передачу задерживаются или, в крайних случаях, не происходят независимо от скорости автомобиля;

- переключения на повышенную передачу происходят слишком быстро или, в крайних случаях, коробка передач начинает свою работу сразу со второй или третьей передачи.

Системы дроссельного клапана и центробежного регулятора можно проанализировать при диагностической контрольной поездке для определения того, какая система неисправна, а затем техник должен определить неисправность внутри системы. То, что будет найдено, неизвестно, но, как минимум, неисправность будет ограничена одной системой. Некоторые методы анализа неисправностей систем дроссельного клапана и центробежного регулятора являются очевидными (в качестве примера используется трехступенчатая система):

- когда коробка передач начинает работу на повышенной передаче, то клапан переключения 2-3-й передач открывается. Это значит, что система центробежного регулятора не была способна отключить подачу линейного давления к системе переключения. Давление центробежного регулятора постоянно равно линейному давлению. Система дроссельного клапана исключается, потому что его задачей является задержка переключения;

- когда коробка передач не переключается на повышенную передачу на любой скорости, то исключается система дроссельного клапана и определяется неисправность системы центробежного регулятора. Простой причиной является то, что даже максимальное давление дроссельного клапана допускает переключение на повышенную передачу, если автомобиль движется достаточно быстро.

Характер промежуточных переключений, когда коробка передач переключается быстро или переключения происходят в умеренном темпе, но с заметной задержкой, показывает, как можно использовать проверку в движении. Рекомендуется использовать данные по переключению от компании-производителя, но если таких данных нет, то можно воспользоваться следующими указаниями:

1. Минимальные скорости переключения на повышенные передачи при почти закрытой дроссельной заслонке:

- переключение с 1-й на 2-ю передачу происходит при скорости от 13 до 19 км/ч;
- переключение со 2-й на 3-ю передачу происходит при скорости от 24 до 32 км/ч.

2. Переключение на пониженную передачу при закрытой дроссельной заслонке:

- с 3-й на 2-ю передачу происходит при скорости от 16 до 19 км/ч;
- со 2-й на 1-ю передачу происходит при скорости от 8 до 13 км/ч;
- с 3-й на 1-ю передачу происходит при скорости от 8 до 13 км/ч.

**Неисправность корпуса**, если происходит задержка переключения на повышенные передачи. Переключение с 1-й на 2-ю передачу происходит при скорости 32 км/ч, а со 2-й на 3-ю передачу – при скорости 56 км/ч. При контрольной поездке с закрытой дроссельной заслонкой переключение с 3-й на 1-ю передачу происходит при скорости 16 км/ч, которое может считаться практически нормальным. Проверьте следующее:

- может ли быть низкое давление от системы центробежного регулятора?

- может ли быть высокое давление от системы дроссельного клапана?

Так как давление от дроссельного клапана не является фактором на клапане переключения, когда переключение произошло, то переключение с 3-й на 1-ю передачу при закрытой дроссельной заслонке определяется усилием пружины, работающим против давления от центробежного регулятора. Если переключение при закрытой дроссельной заслонке правильное, то это подтверждает, что система центробежного регулятора исправна. Неисправность находится в системе дроссельного клапана. Если при очень похожей неисправности переключение с 3-й на 1-ю передачу имеет место при 29 км/ч, то система дроссельного клапана исключается. Более раннее переключение на пониженную передачу вызвано пружинами клапанов переключения, усилие которых превышает давление на выходе системы дроссельного клапана, которое слишком низкое для данной скорости движения.

**Неисправность корпуса**, если минимальная скорость переключения на повышенную передачу слишком мала. Переключение с 1-й на 2-ю передачу происходит на скорости 8 км/ч, а переключение со 2-й на 3-ю передачу происходит при 16 км/ч. Последовательность переключения при средне и сильно открытой дроссельной заслонке показывает, что переключения запаздывают без пробуксовки коробки передач, но что они по-прежнему происходят рано. При контрольной поездке с закрытой дроссельной заслонкой переключение с 3-й на 1-ю передачу происходит практически при остановке, а это очень поздно. Может быть и так, что переключения на первую передачу вообще не происходит, что приведет к началу работы коробки передач на повышенной передаче вместо первой. Причина этого в том, что выходное давление системы центробежного регулятора слишком, высокое для данной скорости.

При закрытой дроссельной заслонке пружины клапанов переключения должны закрывать клапаны, противодействуя давлению от центробежного регулятора. Если узел центробежного регулятора отрегулирован на слишком высокое давление, то скорость автомобиля должна снизиться ниже нормального значения, чтобы пружины могли закрыть клапаны. Низкое давление системы дроссельного клапана исключается из-за двух факторов:

- давление от дроссельного клапана при минимальных скоростях переключения близко к нулевому или вообще равно нулевому. Для преодоления усилия пружины клапана переключения достаточно всего лишь давления от центробежного регулятора. В этом случае усилие пружин клапанов переключения преодолевается слишком быстро;

- даже хотя переключения происходят рано, то наблюдается задержка переключения и нет пробуксовки коробки передач. Отсутствие пробуксовки коробки передач при средне и сильно открытой дроссельной заслонке является хорошим указанием на то, что усиленный сигнал давления от дроссельного клапана к клапану регулятора давления правильный.

**Неисправность корпуса**, если минимальные значения скоростей переключения на повышенные передачи правильные. Переключение с 1-й на 2-ю передачу происходит при скорости 16 км/ч, а со 2-й на 3-ю передачу – при скорости 29 км/ч. При проверке со средне и сильно открытой дроссельной заслонкой система переключения передач не реагирует, и скорости переключения остаются прежними. Пробуксовка коробки передач также становится частью неисправности при среднем и сильном открывании дроссельной заслонки. Проверка переключения с 3-й на 1-ю передачу при закрытой дроссельной заслонке обнаруживает, что оно происходит правильно при скорости 8 км/ч. Причина в том, что выходное давление системы дроссельного клапана остается близким к нулю или равным нулю. Оно не реагирует на изменения в работе двигателя.

Так как минимальные значения скоростей переключения и скорость переключения с 3-й на 1-ю передачу правильные, то система центробежного регулятора может быть исправной.

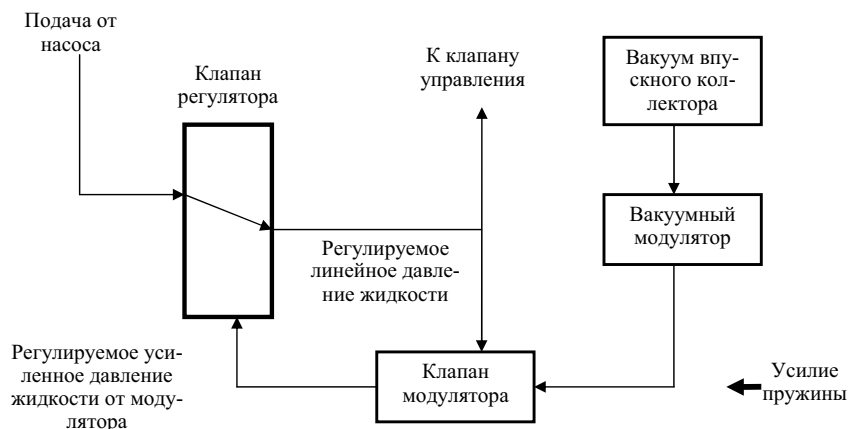
1. Для преодоления усилий пружины клапана переключения необходимо только давление от центробежного регулятора, а усилие пружины обеспечивает одинаковое фиксированное сопротивление во всем диапазоне – от закрытой до полностью открытой дроссельной заслонки.

2. Клапан регулятора линейного давления отказывается воспринимать сигнал, пропорциональный крутящему моменту двигателя для увеличения давления. Значение регулируемого давления остается на уровне минимальной фиксированной величины, определяемой пружиной клапана регулятора.

При проверке коробки передач HYDRA-MATIC 4T60 (440-T4) на устойчивое переключение очень важно знать, что в ней используются независимые системы для управления режимом переключения и плотностью переключения. Вакуумный модулятор и клапан модулятора модифицируют линейное давление и управляют плотностью переключения (рис. 4.38). Моменты переключения отдельно управляются с помощью традиционной

управляемой тросом системы дроссельного клапана. В этом случае могут преобладать следующие характеристики неустойчивого переключения [11]:

- скорости переключения нормальные с постоянными мягким переключением или пробуксовкой: состояние модулятора;
- скорости переключения нормальные с постоянным резким характером: состояние модулятора;
- скорости переключения неправильные, но обычно наблюдается нормальный характер переключения: состояние дроссельного клапана.



**Рис. 4.38. Блок-схема системы модулятора – коробка передач 4Т60**

Для другой проверки в движении при определении неисправности контура центробежного регулятора разгоните автомобиль до скорости 73 км/ч и переведите селектор коробки передач из диапазона «D» в диапазон «1». Если при этом включается первая передача, то в контуре центробежного регулятора есть неисправность. Давление от центробежного регулятора на клапане переключения 1-2 передач определяет безопасную скорость автомобиля, при которой в коробке передач включается первая передача. Когда переключение произошло, то клапан переключения гидравлически заблокирован на месте линейным давлением.

В четырехступенчатых системах обратите особое внимание на гидравлику системы переключения. Контур переключения 3-4 передач обычно имеет один или два дополнительных клапана, которые должны переключаться в нужные положения в дополнение к клапану переключения 3-4 передач, если должна включаться четвертая передача.

Коробка передач AOD компании «Форд» использует клапан управления отверстием. Если данные по давлению показывают, что если давление жидкости в контуре фрикциона прямой передачи на 100 кПа или больше отличается в меньшую сторону от линейного давления, то клапан управления отверстием не производит переключение 2-3 передач. Если переключение не происходит, то линейное давление от клапана управления удерживает

клапан переключения 3-4 передач гидравлически заблокированным, противодействуя давлению центробежного регулятора. Клапан переключения «не видит» нормальную жидкость от дроссельного клапана. Третья передача обычно не пробуксовывает, потому что фрикцион прямой передачи управляет только 60% крутящего момента от коленчатого вала.

#### **4.4.4. Проверка автоматической коробки передач при остановке двигателя**

**Двигатель и АКП являются единой системой** и их работа должна быть синхронизирована. Перемещение на корпусе дроссельной заслонки и перемещение рычага дроссельного клапана на коробке передач должны быть синхронизированы. Работа двигателя и величина крутящего момента на коробке передач должны быть правильными, чтобы коробка передач тоже работала правильно. Следовательно важной частью диагностики коробки передач является проверка правильной работы двигателя.

Если двигатель имеет недостаточную мощность, то он посылает неправильный сигнал к коробке передач через соединительную цепь. Коробка передач не имеет возможности определить, правильная ли информация или нет, а только реагирует на входные сигналы. В зависимости от коробки передач это может привести к жесткому переключению передач или к комбинации жестко-запоздалого переключения, которое добавляется к уже неправильно работающему двигателю.

**Проверка остановки двигателя.** При проверке остановки двигателя полная мощность двигателя действует на стационарный вес автомобиля. Задачей проверки является определение удерживающей способности тормозных лент и фрикционов, работы гидротрансформаторов и качества работы двигателя.

Процедура проверки остановки двигателя, рекомендованная многими фирмами-производителями, помогает определить целостность двигателя, статора (реактора) гидротрансформатора и определенных комбинаций фрикционов и тормозных лент. Когда рычаг селектора находится в каждом из положений для движения вперед и назад и педаль тормоза плотно нажата, педаль подачи газа резко нажимается до положения, соответствующего полностью открытой дроссельной заслонке. Значение числа оборотов двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке может дать ключи для диагностики состояния деталей, перечисленных выше.

Проверку остановки двигателя необходимо проводить в качестве дополнительного диагностического средства, особенно когда есть недостатки в работе силового агрегата. Когда пробуксовка не является важным фактором, проверка может быть очень полезной при изоляции потерь мощности на двигателе или на гидротрансформаторе. Результаты проверки остановки двигателя можно сравнить с динамометрическим тестом при полной мощности.

При проверке остановки двигателя уровни охлаждающей жидкости двигателя, моторного масла и рабочей жидкости в коробке передач, а также

рабочая температура должны соответствовать установленным нормам. Полный вес автомобиля должен приходиться на колеса, а автомобиль должен быть надежно заблокирован против перемещения. Будет нужно затянуть стояночный тормоз и нажать педаль тормоза, чтобы заблокировать автомобиль. При проведении проверки никто не должен стоять перед автомобилем или позади него. Используйте руководство по ремонту автомобиля относительно конкретных деталей, касающихся процедур проверки остановки двигателя.

Процедура проверки остановки двигателя выполняется следующим образом:

1. Подсоедините тахометр и расположите его так, чтобы можно было считывать его показания с места водителя.
2. Переверните рычаг селектора в диапазон «D».
3. Разгоните двигатель при полном открывании дроссельной заслонки.
4. Отметьте максимальное число оборотов, развиваемое двигателем, и запишите эти результаты.

Проверка остановки двигателя на одной конкретной передаче не должна продолжаться более 5 секунд, иначе может произойти серьезный перегрев и повреждение коробки передач.

5. Верните рычаг селектора в диапазон нейтральной передачи и дайте двигателю поработать на повышенных оборотах холостого хода не менее, чем 30 секунд для охлаждения.

6. Повторите указанную выше операцию для каждой передачи.

Если обороты двигателя превысят максимальные пределы, указанные в данных по характеристикам остановки двигателя, то сразу же отпустите педаль подачи газа, так как имеет место пробуксовка и следует избегать дальнейших повреждений коробки передач. Проверку также следует остановить, когда слышны необычные шумы. Звуки вспенивания или даже воющие звуки от работы жидкости в гидротрансформаторе являются нормальными при проверке остановки двигателя, но металлические шумы в силовом агрегате указывают на неисправность гидротрансформатора.

*Таблица 4.14*

**Число оборотов, соответствующих остановке двигателя с коробкой передач TORQUEFLITE 31TH (A-413)**

Литраж двигателя	Тип коробки передач	Число оборотов остановки двигателя, мин <sup>-1</sup>
2,2 л, EFI	A-413	2050-2250
2,2 л, EFI (с турбонаддувом)	A-413	3150-3350
2,5 л, EFI	A-413	2250-2450
3,0 л, EFI	A-413	2500-2700

Анализ результатов проверки остановки двигателя нужно проводить путем сравнение с данными производителя автомобиля по этой проверке. В табл. 4.14 приведены типичные данные по числу оборотов остановки двига-

теля для двигателей, работающих с коробками передач семейства TORQUEFLITE. Должны быть сделаны коррективы для изменения высоты, так как мощность двигателя снижается при увеличении высоты. Запишите результаты проверки и сравните их с данными компании-производителя (табл. 4.15).

Таблица 4.15

**Регистрация проверок остановки двигателя  
с коробкой передач TORQUEFLITE**

Диапазон	Полученное значение числа оборотов	Состояние при проверке		
		низкое	нормальное	высокое
D (движение)				
(2)				
(1)				
R (задний ход)				
Рабочий диапазон	Работающие удерживающие детали			
D	Задний фрикцион и муфта свободного хода			
2	Задний фрикцион и муфта свободного хода			
1	Задний фрикцион и тормозная лента первой-задней передачи. Муфта свободного хода работает			
R	Передний фрикцион и тормозная лента первой-задней передачи			
Тормозная лента системы «Kick down» не используется при проверках остановки двигателя				

Изменения в результатах проверки можно интерпретировать следующим образом:

1. Обороты остановки двигателя на 200-300 мин<sup>-1</sup> выше нормальных. Коробка передач не блокируется, и возможная причина состоит в пробуксовывающем фрикционном элементе. Можно также предположить насыщенную воздухом жидкость коробки передач и низкое рабочее давление.

2. Обороты остановки двигателя очень высокие и увеличиваются, поэтому проверку следует прекратить. Вероятной причиной является по-прежнему пробуксовывающий фрикцион или низкое рабочее давление, но нужно учесть и возможность повреждения шлицев турбины на ведущем валу.

3. Обороты остановки двигателя на 100-200 мин<sup>-1</sup> меньше нормальных. Это является признаком потери мощности двигателя. Обычно водитель уже заметил снижение мощности двигателя, а работа трансмиссии в порядке. Если замечена потеря крутящего момента двигателя при остановке, то проблема обычно заключается в неисправных свечах зажигания или вторичной (высоковольтной) цепи системы зажигания.

4. Обороты остановки двигателя на 33% ниже нормальных. Причиной может быть свободно вращающийся статор (реактор). Гидротрансформатор в процессе проверки остановки двигателя выдает полный крутящий момент, и при этом статор обычно находится в заблокированном состоянии. Если

роликовая муфта статора не обеспечивает блокировку, то жидкость работает против насосного колеса гидротрансформатора и против направления вращения двигателя. Мощность двигателя сильно теряется при работе против движения жидкости гидротрансформатора.

Работа автомобиля в области низких скоростей (от 0 до 48 км/ч) очень неэффективна и почти отсутствует тяговое усилие, а также нет возможности разгона.

5. Обороты остановки двигателя нормальные. Это означает, что мощность двигателя нормальная, коробка передач блокируется и статор (реактор) гидротрансформатора блокируется. Однако не определяется, может ли статор освободиться и дать возможность гидротрансформатору работать в режиме гидромукфты.

О «заедании» статора (реактора) может свидетельствовать максимальная скорость автомобиля при полностью открытой дроссельной заслонке заметно снижается (обычно на 33%). Разгон и работа на низких скоростях нормальные, но когда гидротрансформатору надо работать в режиме гидромукфты, «заевший» статор работает как барьер или тормоз против вращающейся жидкости. Побочными эффектами являются перегрев жидкости в коробке передач и возможные потери давления насоса коробки передач. Автомобиль обычно проезжает 24-32 км по дороге, а затем коробка передач теряет давление и блокирующее усилие. Для другой проверки «заевшего» статора переведите селектор коробки передач в диапазон «N» и нажмите педаль подачи газа до положения полностью открытой дроссельной заслонки. Если двигатель показывает нормальное состояние без нагрузки и его обороты легко превышают  $3000 \text{ мин}^{-1}$ , то остановите проверку – статор свободно вращается и вращается вместе с насосным колесом и турбиной (турбинным колесом) в потоке жидкости. Если двигатель не может разогнаться более  $3000 \text{ мин}^{-1}$  при полностью открытой дроссельной заслонке, то роликовая муфта статора «заела». Статор работает как гидравлический тормоз против усилия вращающейся жидкости и увлекает за собой двигатель.

Однако контроль технического состояния методом остановки двигателя следует проводить с осторожностью, так как при проверке появляются нагрев и крутящие нагрузки. У автомобилей с недостатками системы охлаждения могут лопнуть шланги. Поврежденные опоры двигателя также могут стать проблемной, областью.

Из-за потенциальных опасностей, связанных с проверкой остановки двигателя, некоторые компании-производители не рекомендуют проводить эту процедуру для диагностики неисправностей коробки передач.

**Анализ шумов** – это талант, включающий в себя знания автомобиля и специальные знания механических и гидравлических движущихся деталей в коробке передач и в гидротрансформаторе. Рассмотрение и анализ шумов коробки передач превращает в искусство то, что коробка передач может поглощать и передавать реальные шумы, которые вообще не относятся к коробке передач. Многие гидротрансформаторы и передние насосы были заменены без определения источника шума. Бывает и так, что в поисках источника шума разбирают коробку передач.

Для достижения успеха при анализе шумов технику необходимо знать работу деталей в нижней части автомобиля. В коробках передач переднеприводных автомобилей, к примеру, изношенные или поврежденные шарниры равных угловых скоростей (ШРУСы) могут быть ответственны за стук при разгоне, замедлении или при включении диапазона «D» на коробке передач. Относится ли рассматриваемый стук к неисправности ШРУСа или к неисправности коробки передач? Даже изношенные, ослабленные или поврежденные втулки подвески в переднеприводных системах могут стать причиной загадочных стуков при разгоне/замедлении. Будьте внимательны при попытках интерпретации шумов от коробки передач. Может быть и так, что кажущийся шум от коробки передач окажется реакцией коробки передач на другую неисправность.

Анализ шумов обычно включает в себя комбинацию проверок остановки двигателя и проверок в движении, прислушивание звуков и визуальную проверку. Шумы могут исходить от большого количества деталей, к которым могут относиться и такие редкие случаи, когда дребезжит пластина фрикциона в диапазонах «P» и «N», звон или «стон» гидравлического клапана, вибрация магистрали радиатора, привода дополнительного оборудования двигателя и даже шумы от выпускной системы. Звуки работы клапанов устройств контроля токсичности выхлопных газов иногда также могут быть причиной шумов. Необходимой частью процесса поиска могут стать снятие приводных ремней для дополнительного оборудования, проверка изоляции деталей выпускной системы от шасси и перекладывание магистралей радиатора коробки передач. Воспользуйтесь проверкой остановки двигателя в качестве процедуры диагностики шумов. Большинство проблем с шумами относятся к гидротрансформатору и к коробке передач. Они должны стать объектом внимания.

**Шумы гидротрансформатора.** Нужно знать, что воющий или сиреноподобный шум от работы жидкости является нормальным при работе в режиме проверки остановки. Механик должен быть знаком с этим нормальным шумом у автомобиля при проверке остановки двигателя с заведомо исправным гидротрансформатором. Чтобы избежать влияния нормального шума на шумы от неисправностей, проведите остановку гидротрансформатора при небольшом открывании дроссельной заслонки в диапазоне «D». Эта процедура определяет большинство металлических шумов от ослабленных деталей или взаимное влияние вращающихся элементов. При остановке двигателя опорный подшипник игольчатого типа между статором и насосным колесом находится под давлением и можно выявить шумы, если повреждены иглы и поверхности сепаратора.

Табл. 4.16 предназначена для регистрации и анализа шумов.

**Шумы от коробки передач.** Шумы коробки передач могут идти от планетарных передач, от опорных подшипников игольчатого типа, роликовых обгонных муфт и фрикционных. В коробках передач для переднеприводных автомобилей добавляется еще главная передача как возможный источник шумов. Технику необходимо хорошо представлять себе взаимодействие деталей и что происходит внутри коробки передач на каждой из передач.

Очень важно выделить шумы подозреваемой области. Когда коробка передач разбирается, то это дает технику конкретную область для обнаружения, проверки и устранения неисправности.

Внешние факторы в трансмиссии и рулевом управлении становятся важными, особенно стуки и щелчки в переднеприводных автомобилях. Также важно прислушиваться к ритму и уровню шумов при переключении передач в коробке. Идет ли шум от входного или выходного конца коробки передач?

Шум от планетарных передач относится к изменениям скорости, которые имеют место при изменении передаточных чисел. Планетарные шестерни движутся медленно на первой и второй передачах и намного быстрее на повышающей передаче. Изменения передаточных чисел также влияют на относительное перемещение между входом и выходом планетарной передачи. Первая передача, например, обеспечивает наибольшую разницу скоростей (числа оборотов). Шумы также могут возникать и изменять свой тон (тембр) и интенсивность при разгоне или торможении. При разгоне или движении с нагрузкой опорные силы конца коробки передач сдвигаются к задней части корпуса, а при торможении (замедлении) реакция смещает концевую опору к переднему концу. Шумы от фрикционных обычно связаны с активностью их срабатывания, а пластины фрикционных являются обычной проблемой.

Таблица 4.16

#### Анализ шумов

Тип:		
<input type="checkbox"/> Резонансные шумы	<input type="checkbox"/> Резкие звуки	<input type="checkbox"/> Вибрация
<input type="checkbox"/> Вой	<input type="checkbox"/> Гул	<input type="checkbox"/> Стон/гул
<input type="checkbox"/> Грохот	<input type="checkbox"/> Стуки	<input type="checkbox"/> Щелчки
<input type="checkbox"/> Жужжание/скрежет		
Когда обнаружены:		
<input type="checkbox"/> Реагирует на рулевое управление	<input type="checkbox"/> Разгон	
<input type="checkbox"/> Реагирует на обороты двигателя	<input type="checkbox"/> Движение накатом	
<input type="checkbox"/> Реагирует на обороты трансмиссии	<input type="checkbox"/> Холостой ход	
<input type="checkbox"/> Постоянно	<input type="checkbox"/> Случайно	
Диапазон скоростей автомобиля _____		
Рабочий диапазон Р ____ R ____ N ____ 2 ____ 1 ____		
На _____ передаче/передачах		
Высота (тембр)		Уровень интенсивности
<input type="checkbox"/> низкий	<input type="checkbox"/> легкий	
<input type="checkbox"/> средний	<input type="checkbox"/> средний	
<input type="checkbox"/> высокий	<input type="checkbox"/> сильный	
Замечания _____		

Последующие примеры иллюстрируют некоторые основы анализа внутренних шумов коробки передач:

- если фактор шума наиболее заметен на первой передаче, уменьшается на второй передаче и пропадает на прямой передаче, то неисправность связана с узлом шестерен. На прямой передаче фрикционы и планетарные механизмы заблокированы в соотношении 1:1, и любой внутренний шум планетарной передачи должен исчезнуть. Нет ничего необычного в том, что причина вызвана изношенными или бриннелированными (с вмятинами) обоймами, использованными в игольчатых подшипниках планетарных рядов. Неровные иглы и опорные обоймы обычно реагируют на изменение передаточных чисел изменениями ритма и интенсивности свистящего или дребезжащего звука;

- если необычного шума нет на первой или задней передачах, но он начинается на второй передаче и продолжается с большей интенсивностью и убыстренным ритмом на прямой передаче, то в подозрительную область попадает узел нижней роликовой муфты.

Нижняя роликовая муфта не имеет обгонного действия на первой и задней передачах. На второй передаче скорость ее вращения меньше, чем скорость вращения ведомого вала, и при включении прямой передачи скорость свободного вращения резко изменяется и становится равной скорости вращения (числу оборотов) ведомого вала.

Рассмотрим, как не надо действовать на примере коробки передач AOD компании «Форд».

1. Жалобы водителя: шум во всех диапазонах, включая «Р» и «N».

2. Предварительные проверки: все нормально, жидкость выглядит хорошо.

3. Шум был слышен в диапазонах «Р» и «N» при проверке остановки, обороты двигателя соответствующие.

4. Проверка в движении показала приемлемый режим переключения передач и качество при открывании дроссельной заслонки.

При проверке шума на всех диапазонах для движения вперед и назад шум присутствовал на всех передачах, а на третьей передаче проявлялась наименьшая интенсивность. Шум был постоянным фактором при разгоне и замедлении и не зависел от передаточных чисел. При проверке остановки двигателя преобладал тот же самый тип шума. Шум относился к свистящему типу и шел от гидротрансформатора.

Основываясь на диагностической информации, техник установил новый гидротрансформатор, но шум остался. Что было сделано неправильно? Что касается коробки передач AOD компании «Форд», то технику нужно знать, что шлицевой третий вал или тормозной вал соединяет крышку гидротрансформатора непосредственно с барабаном фрикциона прямой передачи, а опорный игольчатый подшипник расположен между барабаном фрикциона прямой передачи и фланцем выходного (ведомого) вала.

При проверке разгона без нагрузки в диапазоне «Р» и «N» гидротрансформатор обычно работает в режиме муфты и шум от работы жидкости или от опорного игольчатого подшипника заднего статора (реактора) не

должен быть существенным фактором. В условиях движения по дороге всегда есть разница в скоростях между барабаном фрикциона прямой передачи и фланцем ведомого вала из-за наличия передаточных чисел, даже на третьей передаче. Из-за разделения крутящего момента в соотношении 60/40 между входом жидкостной муфты гидротрансформатора и непосредственным механическим входом от торсионного вала, в выходной части планетарного механизма имеет место некоторая пробуксовка: две входные детали вращаются с немного разным числом оборотов. На третьей передаче между барабаном фрикциона прямой передачи и фланцем ведомого вала всегда остается небольшая разница в скорости вращения.

При втором процессе диагностики в качестве проблемной области рассматривался барабан фрикциона прямой передачи, и основным объектом внимания была опорная шайба игольчатого подшипника № 8. При разборке было обнаружено, что иголки имеют повреждения в виде раковин, а сопрягаемая поверхность ведомого вала была серьезно повреждена комбинацией бриннелирования и выкрашивания. Бриннелирование (образование вмятин на поверхностях качения подшипников) может быть из-за избыточного люфта в коробке передач, поэтому убедитесь, что люфт коробки передач отрегулирован на заднем конце перед установкой насоса.

Подходите к рассмотрению шумов осторожно и избегайте преждевременных выводов. То место, где появляется шум, может и не быть причиной. В только что приведенном конкретном примере торсионный вал, вероятно, передавал шум от опорного подшипника в гидротрансформатор. В заключение, ознакомьтесь с теорией и конструкцией коробки передач, включая каждый опорный подшипник и поверхности.

### **Контрольные вопросы**

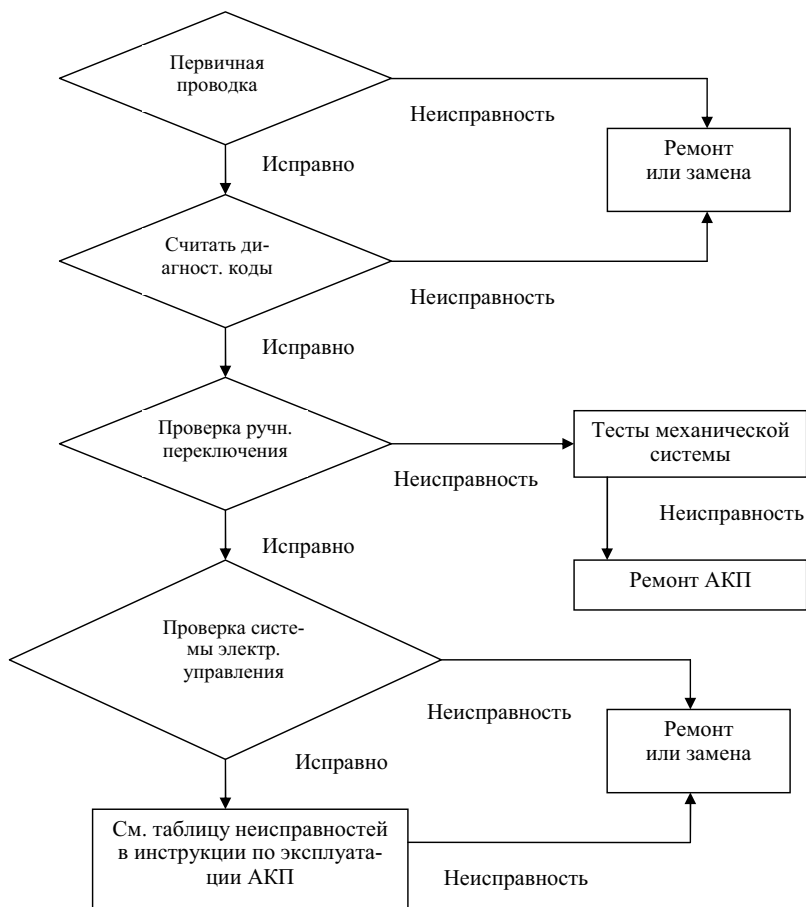
1. Как определить уровень рабочей жидкости в АКП?
2. Какие признаки технического состояния АКП можно определить по цвету и плотности ее рабочей жидкости?
3. В какой последовательности производится регулировка ключа «нейтраль/запуск»?
4. Какие существуют нормы периодичности замены рабочей жидкости АКП?
5. Какие неисправности главной передачи можно выявить при движении автомобиля?
6. Приведите типовую программу проверки АКП в движении автомобиля.
7. По каким признакам можно определить пробуксовку муфты и тормозной ленты?
8. Что считается нормальной работой муфты гидротрансформатора?
9. Как можно обнаружить механические неисправности типа срезания шлицев или повреждения сварных швов, например, узлов конструкции приводного кожуха с солнечной шестерней?
10. Приведите типовой анализ неустойчивых переключений передач и их причины.
11. Приведите примеры неустойчивого переключения передач по параметрам скорости переключения.
12. Приведите процедуру проверки АКП при остановке двигателя.

13. Как по снижению оборотов двигателя можно интерпретировать состояние АКП?
14. Как по анализу внутренних шумов АКП можно определить неисправности гидротрансформатора и планетарной передачи?

## 4.5. Контроль и диагностирование электронных систем автоматических трансмиссий

### 4.5.1. Компоненты систем управления автоматических коробок передач

В состав автоматической трансмиссии с электронным управлением автомобилей входят автоматическая коробка передач, гидротрансформатор и электронный блок управления. Электронная система управления трансмиссией повышает точность регулирования передаточного числа, упрощает механизм управления, повышает экономичность и управляемость.

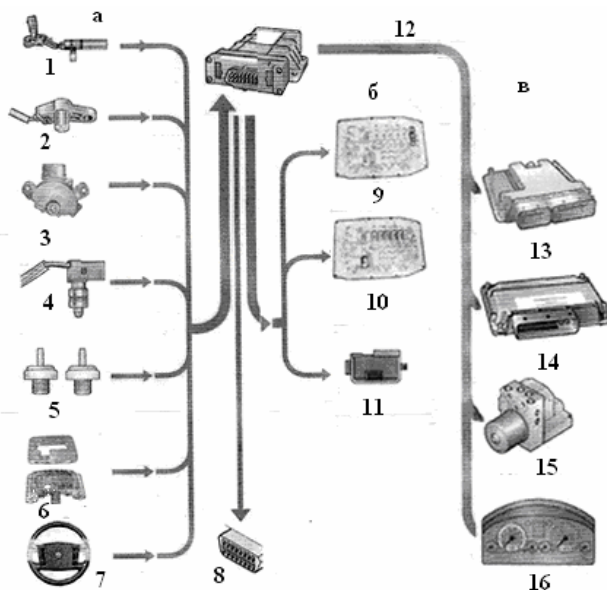


**Рис. 4.39. Алгоритм поиска неисправностей**

Неисправности, возникающие в системе электронного управления трансмиссией, могут исходить от трех источников: двигателя, ЭБУ трансмиссией или самой АКП. Перед началом диагностики необходимо определить, в каком из этих трех источников неисправность и, начиная с простейших проверок, двигаться постепенно по степеням сложности.

Сначала необходимо определить какая это неисправность – электрическая или механическая, основываясь на приведенном на рис. 4.39 алгоритме.

**Компоненты современной системы управления АКП** на примере шестиступенчатой АКП-09D показаны на рис. 4.40.



**Рис. 4.40. Датчики и блоки управления шестиступенчатой АКП-09D:**

а – датчики: 1 – датчик числа оборотов входного вала G182; 2 – датчик числа оборотов выходного вала КП G195; 3 – многофункциональный переключатель F125; 4 – датчик температуры масла в КП G93; 5 – датчики G193 и G194 давления в гидросистеме; 6 – переключатель Tiptronic F189; 7 – переключатели Tiptronic на рулевом колесе E438 и E439; 8 – диагностический разъем; б – исполнительные механизмы: 9, 10 – электромагнитные клапаны в блоке клапанов; 11 – электромагнит блокировки селектора; в – блоки управления: 12 – шина данных CAN; 13 – блок управления двигателем; 14 – блок управления раздаточной коробкой; 15 – блок управления ABS; 16 – блок управления с дисплеем в комбинации приборов

Система электронного управления обеспечивает точный контроль времени переключения и блокировки в соответствии с условиями движения. Информацию об этом передают датчики, которые расположены в различных частях автомобиля и реагируют на эти условия. Исполнительные соленоидные клапаны отводят гидравлическое давление от одного контура узла гидравлического управления к другому, контролируя моменты переключения и блокировки.

Электронный блок управления следит за температурой жидкости в автоматической коробке передач с помощью датчика температуры, установленного на штуцере. Температура жидкости может стать чрезмерно высокой при работе автомобиля с повышенной нагрузкой, например, при движении по песку или на подъем. В случае превышения температурой жидкости уровня 150 °С электронный блок управления включает сигнализатор, расположенный в комбинации приборов. Сигнализатор гаснет, когда температура жидкости АКП падает ниже 120 °С.

Обычно датчики, используемые в автомобилях, вырабатывают два типа сигналов: аналоговый или цифровой (дискретный). Компьютер может обрабатывать только дискретные сигналы.

Аналоговый и дискретный сигналы отличаются способом изменения:

- аналоговый сигнал – уровень сигнала изменяется пропорционально измеряемой величине;
- цифровой сигнал – частота или длительность сигнала изменяется пропорционально измеряемой величине.

Большинство параметров, которые измеряются на транспортных средствах, имеют аналоговый характер изменения (частоты вращения, температура и т. п.).

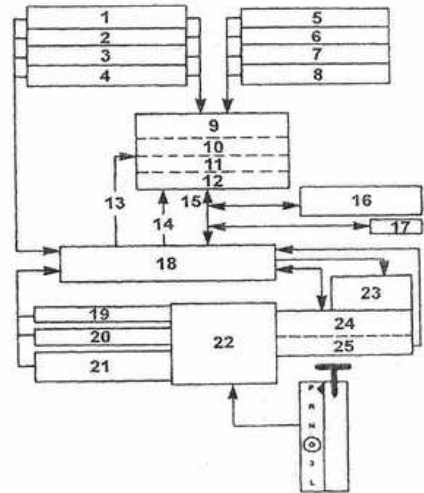
В общем случае электрическую систему управления трансмиссией можно разделить на три части (рис. 4.41 [14]):

- измерительная (датчики);
- анализирующая (компьютер, ЭБУ);
- исполнительная (соленоиды).

На рис. 4.41 приняты следующие обозначения: 1 – датчик дроссельной заслонки; 2 – АКБ; 3 – замок зажигания; 4 – датчик частоты оборотов двигателя; 5 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 6 – датчик температуры АКБ; 7 – датчик использования тормозов; 8 – датчик разрежения во впускном коллекторе; 9 – блок управления ДВС; 10, 11, 12 – модель двигателя и тип кузова; 13 – момент нагрузки; 14 – скорость автомобиля; 15 – шина данных; 16 – блоки управления, используемые на автомобиле; 17 – прибор DRB II (считывание диагностических кодов); 18 – блок управления АКПП; 19 – датчик частоты вращения выходного вала АКПП; 20 – датчик частоты вращения входного вала АКПП; 21 – датчик положения клапана выбора диапазона; 22 – АКПП; 23 – блок управляющих реле; 24 – блок управляющих соленоидов; 25 – датчик давления.

К датчикам относятся:

- выключатель безопасности;



**Рис. 4.41. Принцип работы блока управления АКПП**

18 – блок управления АКПП; 19 – датчик частоты вращения выходного вала АКПП; 20 – датчик частоты вращения входного вала АКПП; 21 – датчик положения клапана выбора диапазона; 22 – АКПП; 23 – блок управляющих реле; 24 – блок управляющих соленоидов; 25 – датчик давления.

- датчик положения дроссельной заслонки;
- датчик полного закрытия дроссельной заслонки;
- датчик максимального открытия дроссельной заслонки;
- датчик частоты оборотов двигателя;
- датчик температуры трансмиссионного масла;
- датчик частоты вращения выходного вала коробки передач;
- датчик частоты вращения входного вала коробки передач;
- датчик скорости транспортного средства;
- выключатель принудительного снижения передачи.

Блок управления трансмиссией (анализирующая часть):

- управление переключением передач;
- управление давлением в основной магистрали;
- управление блокирующей муфтой гидротрансформатора;
- определение моментов переключения;
- контроль за неисправностями в работе трансмиссии;
- диагностика неисправностей.

Соленоиды – исполнительная часть системы управления трансмиссией – это:

- соленоид переключения А;
- соленоид переключения В;
- соленоид муфты, обеспечивающей торможение двигателем;
- соленоид блокирующей муфты гидротрансформатора;
- соленоид регулятора давления в основной магистрали.

Использование электрических датчиков и электрогидравлических клапанов (соленоидов) позволило значительно упростить систему управления трансмиссией. Основа любой системы управления – компьютер. Он получает сигналы от датчиков, обрабатывает их и вырабатывает соответствующие сигналы управления. Блоки управления всех трансмиссий, независимо от модели автомобиля, работают в соответствии с одними и теми же основными принципами.

Чаще всего работой трансмиссии управляет отдельный трансмиссионный компьютер, хотя некоторые автомобили имеют общий блок управления двигателем и трансмиссией.

Управление трансмиссией с электронным блоком – Nissan RE4R01 – осуществляет компьютерный блок, который получает и анализирует сигналы от разных датчиков. [14]

В задачи блока входит:

- определение моментов переключения передач;
- управление качеством переключения и блокированием трансформатора.

В случае с отдельной системой управления компьютеры двигателя и трансмиссии взаимодействуют друг с другом, но при этом блок управления двигателем всегда имеет приоритет над блоком управления трансмиссии. Поскольку переключение передач и блокирование гидротрансформатора должны согласовываться с режимами работы двигателя, то блок управления

трансмиссией использует сигналы некоторых датчиков, которые используются блоком управления двигателем.

Некоторые исполнительные механизмы требуют аналогового управляющего сигнала. Поэтому блок управления включает в себя еще один аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), который трансформирует аналоговый сигнал в дискретный (рис. 4.42).

**Работа компьютера** состоит в преобразовании входных аналоговых и цифровых сигналов в выходные цифровые сигналы. К первым относятся температура трансмиссионного масла и охлаждающей жидкости двигателя, частота вращения некоторых элементов трансмиссии, положение дроссельной заслонки, положение рычага выбора диапазона, давление в основной магистрали, положение педали тормоза и др. Компьютер обрабатывает входные сигналы, преобразовывает их в цифровую информацию, обрабатывает и анализирует ее по заданным алгоритмам и вырабатывает управляющие сигналы.

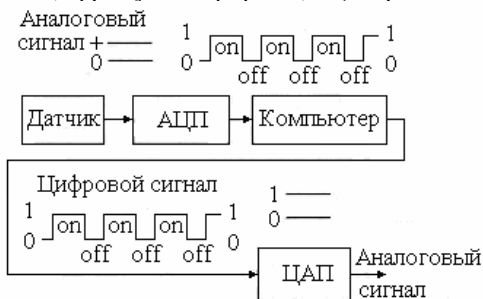
Каждый блок управления имеет электронную память, в которой хранится программа действий. Кроме того, есть системы, которые анализируют манеру управления автомобилем и приспособляются к ней, изменяя соответственно программу управления трансмиссией.

**Память компьютера.** Блок управления при принятии решения сравнивает фактические параметры состояния трансмиссии с данными, которые хранятся в его памяти. Кроме того, в памяти хранится программа, которая определяет порядок и способ обработки входных сигналов и вырабатывает управляющие сигналы для исполнительных механизмов. Для более эффективной работы компьютер имеет несколько разных типов памяти.

**В постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ)** хранятся данные, заложенные в него на заводе. Блок управления имеет право только считывать эти данные и не имеет права записывать туда никаких других новых данных. Кроме того, в ПЗУ хранится программа управления трансмиссией: графики переключения и сравнительные таблицы. Содержимое ПЗУ не зависит от источника питания. Отключение аккумулятора не приводит к исчезновению информации из ПЗУ.

**Оперативная память** – это временное хранилище, которое компьютер использует в процессе управления трансмиссией. Оперативная память требует постоянного внешнего источника питания. При отключении аккумулятора или выключении зажигания вся информация, хранящаяся в оперативной памяти, исчезает.

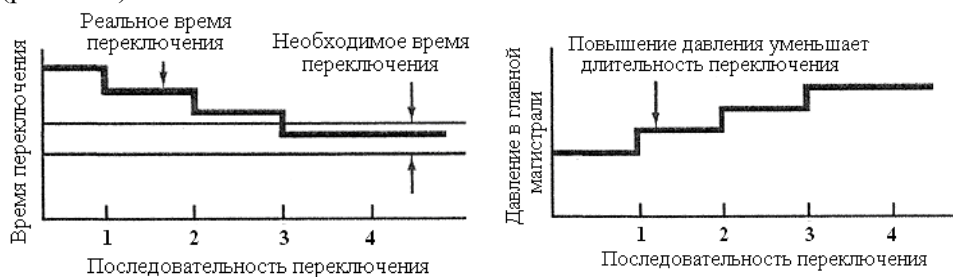
**Энергонезависимая память** – специальная память для постоянного хранения данных, расположенная на отдельном чипе, непосредственно со-



**Рис. 4.42. Принцип работы аналогово-цифрового преобразователя**

единенном с источником питания. Это позволяет хранить данные при выключении зажигания, но они будут утрачены в случае отключения аккумулятора. Блок управления хранит в энергонезависимой памяти информацию, которая должна быть сохранена после выключения зажигания. К такой информации относятся данные одометра, частоты работы радиостанций, содержимое адаптивной памяти и диагностические коды неисправностей.

**Адаптивная память** – это память, в которой компьютер хранит данные фактических условий работы трансмиссии. Она появилась на автомобилях более поздних выпусков. Блок управления определяет характеристики транспортного средства, изучает манеру управления автомобилем и соответствующим образом корректирует программу переключения передач (рис. 4.43).



**Рис. 4.43. Схема корректирования программы переключения передач АКПП**

Адаптивная память позволяет блоку управления учитывать изменения в работе двигателя и износ фрикционных элементов коробки передач. Таким образом поддерживается необходимое качество переключения передач, независимо от износа фрикционных элементов управления, что позволяет значительно продлить срок службы трансмиссии. Такая способность к обучению называется адаптивным обучением.

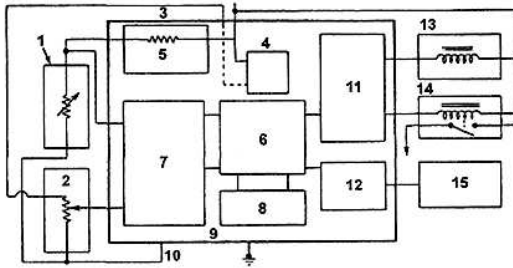
**Система регулирования давления в основной магистрали.** Для управления давлением в основной магистрали используется насос изменяемой продуктивности, регулятор давления и соленоид, работающий в режиме широтно-импульсной модуляции.

Компьютерный блок изменяет, в зависимости от режима работы двигателя длительность импульсов, которые поступают на соленоид. Это дает возможность формировать давление в контуре этого соленоида пропорционально степени открытия дроссельной заслонки.

Адаптивное обучение может быть или краткосрочным, или длительным. В режиме краткосрочного обучения система корректирует свои действия, реагируя на возникающие расхождения, и записывает эту информацию в оперативную память, так что вся информация пропадает при выключении зажигания. Если же одни и те же расхождения начинают возникать весьма часто, то информация записывается в энергонезависимую память. К информации длительного хранения относятся манера водителя управлять автомобилем, износ фрикционных элементов управления, изменения в работе двигателя.

**Управляющие программы.** Любой блок управления не может работать сам по себе. Необходимый набор инструкций или программ управления, которые и определяют функциональное назначение данного компьютера. Эти программы состоят из отдельных блоков. Некоторые блоки содержат математические и логические инструкции по обработке данных. Другие содержат данные, относящиеся к характеристикам транспортного средства: количество цилиндров и рабочий объем двигателя, степень сжатия, передаточное отношение главной передачи и т. п.

Математические зависимости и постоянные величины, которые не изменяются на протяжении всего срока службы автомобиля, хранятся в ПЗУ в виде таблиц.



**Рис. 4.44. Принцип работы блока управления АКПП**

Блок управления постоянно считывает информацию из этих таблиц и использует ее для математических вычислений и выработки соответствующих выходных сигналов (рис. 4.44).

На рис. 4.44 приняты следующие обозначения: 1 – резистор переменного сопротивления; 2 – делитель напряжения; 3 – опорное напряжение; 4 – регулятор напряжения; 5 – нагрузочный резистор; 6 – микропроцессор; 7 – блок обработки сигналов; 8 – таблицы; 9 – электронный блок управления; 10 – обратная связь; 11 – блок выработки управляющих сигналов; 12 – блок соединения со сканером; 13 – соленоид; 14 – реле; 15 – сканер.

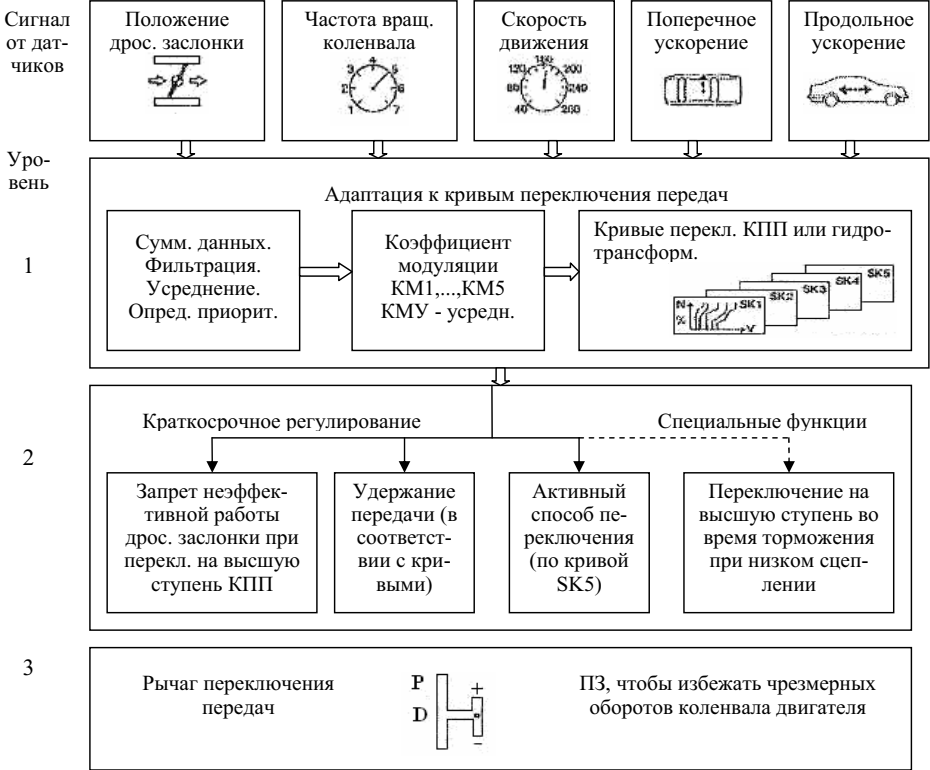
12 – блок соединения со сканером; 13 – соленоид; 14 – реле; 15 – сканер.

**Система управления трансмиссией.** Двигатели современных автомобилей имеют два основных режима работы – с обратной связью и без нее. В случае работы двигателя в режиме без обратной связи, стратегия работы трансмиссии также изменяется. Поэтому режимы работы двигателя влияют на работу системы управления трансмиссией.

Система электронного управления имеет отдельные рабочие режимы или стратегии, которые определяют, как интерпретировать входные сигналы и формировать управляющие сигналы. Для определения эффективности управления компьютер использует обратную связь. Каждое обращение к исполнительному механизму должно приводить к изменению сигнала соответствующего датчика. Блок управления контролирует сигналы датчиков, определяя эффективность управляющего влияния. При необходимости компьютер может вырабатывать дополнительное управляющее влияние на исполнительный механизм (рис. 4.45).

В начальный момент после запуска двигатель работает в режиме без обратной связи. Отсутствие обратной связи значит, что блок управления не контролирует сигналы датчиков. Для принятия решения компьютер исполь-

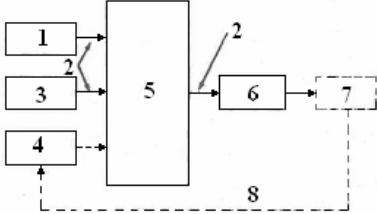
зует только те данные, которые записаны в его памяти. Это сделано для быстрого выхода двигателя на нормальный температурный режим работы.



**Рис. 4.45. Схема процесса переключения передач АКПП**

Хотя блок управления двигателем не учитывает изменение входных сигналов, он непрерывно контролирует их для того, чтобы определить момент, когда цикл прогрева закончится. Два входных сигнала – датчика отработавших газов и температуры охлаждающей жидкости – обеспечивают блок управления информацией о рабочей температуре. Как только температура достигает рабочего значения, сразу же блок управления переходит на режим работы с обратной связью.

В режиме работы с обратной связью блок управления принимает решения уже с учетом входных сигналов датчиков (рис. 4.46). Как только двигатель начинает работать в режиме с обратной связью, все блоки управления других систем начинают



**Рис. 4.46. Принцип режима работы ЭБУ АКПП с обратной связью:**

1 – датчик А; 2 – разомкнутый контур; 3 – датчик В; 4 – датчик С; 5 – электронный блок управления; 6 – соленоид; 7 – результат; 8 – замкнутый контур

работать в нормальном режиме. Все бортовые компьютеры (двигателя, трансмиссии, АБС, круиз-контроля и др.) переходят в режим обеспечения максимальной эффективности работы своих систем. В трансмиссии разрешается блокирование трансформатора и переключение передач осуществляется по графику нормального режима движения. Кроме того, блок управления при принятии решений начинает учитывать данные, которые хранятся в адаптивной памяти, что позволяет ему учитывать манеру водителя управлять автомобилем и эксплуатационные условия работы трансмиссии.

#### **4.5.2. Неисправности автоматических коробок передач, средства и параметры диагностирования**

Все АКП автомобилей работают по одному и тому же принципу. Существует тесная взаимосвязь между работой двигателя и правильной работой коробки передач. АКП имеют различные формы, но в целом существенных отличий нет, а их конструктивные особенности (заднеприводные и переднеприводные АКП) не несут функциональных изменений.

Выбор режима движения, согласование режимов работы АКП с блоком управления работой двигателя, включение и переключение соответствующих передач производится автоматически с учетом режимов работы автомобиля и двигателя, а также сигналов электронного блока управления АКП, получающего информацию от датчиков.

Электрическая система АКП управляет переключением передач в коробке передач и раздаточной коробке, а также блокировочной муфтой гидротрансформатора. Она состоит из трех частей: датчиков скорости движения автомобиля (VSS), датчика положения дроссельной заслонки (TPS) и прочих информационных датчиков, отслеживающих параметры состояния трансмиссии и передающие данные электронному блоку управления (ЭБУ), который на основе анализа поступающих к нему данных определяет моменты переключения в коробке передач и раздаточной коробке, а также управляет блокировочной муфтой гидротрансформатора; и исполнительной части, состоящей из четырех электромагнитных клапанов.

#### **4.5.3. Коды неисправностей электрических и электронных систем АКП**

Типичные неисправности электрических и электронных систем АКП и возможности их выявления и устранения представлены в табл. 4.7, 4.8, 4.10 и 4.17 на примере переднеприводного автомобиля DW20.

Основным измеряемыми величинами в электрических и электронных системах являются:

- электрические (напряжение, сила тока, сопротивление, емкость, индуктивность, намагниченность);
- механические (путь, угол, наклон, уровень, скорость, частота вращения, ускорение, сила, давление, момент и др.);
- термические (температура);

- химические и физические (влажность, теплопроводность, pH-значения, содержание пыли, содержание пара, интенсивность, длина волны, цвет, молекулы: газа, жидкости, твердого тела и др.)

Таблица 4.17

**Коды неисправностей электрических и электронных систем  
и причины их появления**

Код неисправности	Содержание кода неисправности	Проявление неисправности	Возможные неисправности (А). Вероятные режимы движения (Б)
15	Повышенное напряжение термовыключателя	При нормальной температуре на контакт 11 TCM поступает определенное напряжение в 12 В	<p><b>А:</b> - влияние других проводов на провода термовыключателя; - неисправность самого термовыключателя</p> <p><b>Б:</b> - даже если термовыключатель не выполняет свои функции, возможно нормальное переключение скоростей (при горячем двигателе)</p>
17	Пониженное напряжение на соленоиде № 1	Трансмиссия работает только на 2-й или 3-й передаче	<p><b>А:</b> - короткое замыкание на «землю» у контакта 1; - неисправен сам соленоид № 1 (внутреннее сопротивление электромагнитного клапана около 0 Ом).</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 17 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
24	Нет сигнала о скорости автомобиля	При входной скорости трансмиссии выше 800 мин <sup>-1</sup> и когда селектор находится в позициях D, 3, 2, 1 на контакт 30 TCM поступает определенное напряжение в 2,5 В (т. е. сигнала нет)	
25	Повышенное напряжение на соленоиде № 1	Трансмиссия работает только на 1-й или 4-й передаче	<p><b>А:</b> - влияние других проводов на провода соленоида № 1; - неисправен сам соленоид № 1 (внутреннее сопротивление электромагнитного клапана около ∞ Ом).</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 25 с упомянутыми неисправностями возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>

Код неисправности	Содержание кода неисправности	Проявление неисправности	Возможные неисправности (А). Вероятные режимы движения (Б)
25 (продолжение)	Повышенное напряжение на соленоиде № 1	Трансмиссия работает только на 1-й или 4-й передаче	<p><b>А:</b> - замыкание проводов соленоида № 1 на цепь (В+) аккумулятора; - замыкание контакта 1 ТСМ на цепь (В+) аккумулятора.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 25 с упомянутыми неисправностями возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
26	Пониженное напряжение на соленоиде № 2	Трансмиссия работает только на 1-й или 2-й передаче	<p><b>А:</b> - короткое замыкание на «землю» проводов соленоида № 2; - короткое замыкание на «землю» контакта № 3 ТСМ; - неисправен сам соленоид.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 26 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p> <p><b>А:</b> - влияние других проводов на провода соленоида № 2; - неисправен сам соленоид № 1 (внутреннее сопротивление электромагнитного клапана около ∞ Ом).</p>
28	Повышенное напряжение на соленоиде № 2	Трансмиссия работает только на 3-й или 4-й передаче	<p><b>А:</b> - замыкание проводов соленоида № 2 на цепь (В+) аккумулятора; - замыкание контакта № 3 ТСМ на цепь (В+) аккумулятора.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 28 при указанных неисправностях возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
29	Пониженное напряжение на соленоиде управления блокировкой	Трансмиссия работает только на 3-й или 4-й передаче и соленоид управления блокировкой включен	<p><b>А:</b> - короткое замыкание проводов соленоида управления блокировкой на «землю»; - короткое замыкание на «землю» контакта 19 ТСМ; - неисправен сам соленоид управления блокировкой (внутреннее сопротивление электромагнитного клапана около 0 Ом).</p>

Код неисправности	Содержание кода неисправности	Проявление неисправности	Возможные неисправности (А). Вероятные режимы движения (Б)
29 (продолжение)	Пониженное напряжение на соленоиде управления блокировкой	Трансмиссия работает только на 3-й или 4-й передаче и соленоид управления блокировкой включен	<b>Б:</b> - даже при отсутствии функции муфты блокировки возможно нормальное переключение скоростей.
32	Пониженное напряжение соленоида регулировки давления масла	Контакт 19 постоянно заземлен	<p><b>А:</b> - влияние других проводов на провода соленоида регулировки давления масла;          - короткое замыкание на «землю» проводов соленоида регулировки давления масла;          - короткое замыкание на «землю» контакта 16 TCM          - неисправен сам соленоид регулировки давления масла (внутреннее сопротивление электромагнитного клапана регулировки давления масла <math>\infty</math> Ом).</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 32 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме:          позиция селектора: «D» «3» «2» «1»          передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
33	Повышенное напряжение соленоида регулировки давления масла	Рабочий ток соленоида регулировки давления масла превышает 5 А	<p><b>А:</b> - замыкание проводов соленоида регулировки давления масла на цепь (В+) аккумулятора;          - замыкание контакта 16 TCM на цепь (В+) аккумулятора;          - замыкание контакта 34 TCM на «землю».</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 33 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме:          позиция селектора: «D» «3» «2» «1»          передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
36	Повышенное напряжение на соленоиде управления блокировкой	Трансмиссия работает на 1-й, 2-й, 3-й или 4-й передаче, соленоид управления блокировкой отключен	<p><b>А:</b> - влияние других проводов на провода соленоида управления блокировкой;          - неисправность самого соленоида управления блокировкой (внутреннее сопротивление соленоида управления блокировкой <math>\infty</math> Ом).</p> <p><b>Б:</b> - даже при отсутствии функции соленоида управления блокировкой возможно нормальное переключение скоростей.</p>

Код неисправности	Содержание кода неисправности	Проявление неисправности	Возможные неисправности (А). Вероятные режимы движения (Б)
36 (продолжение)	Повышенное напряжение на соленоиде управления блокировкой	Трансмиссия работает на 1-й, 2-й, 3-й или 4-й передаче, соленоид управления блокировкой отключен	<p><b>А:</b> - замыкание проводов соленоида управления блокировкой на цепь (В+) аккумулятора; - замыкание контакта 19 ТСМ на цепь (В+) аккумулятора.</p> <p><b>Б:</b> - хотя и возможно нормальное переключение скоростей, муфта блокировки будет находиться в постоянном зацеплении.</p>
38	Нет сигнала о входной скорости трансмиссии (количество оборотов С <sub>1</sub> )	Даже когда скорость выше 30 км/ч, а селектор находится в позиции D, 3, 2, 1 на контакт 19 ТСМ поступает определенное напряжение примерно в 2,5 В (т. е. сигнала нет)	При указании кода неисправности 32 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я
41	Неисправность гидравлической системы	В позиции селектора D, 3, 2, 1 действуют 1-я, 2-я, 3-я, 4-я передачи (фактическое передаточное число не равно нормальному)	<p><b>А:</b> - заклинило клапан переключения 1-2 передачи; - заклинило клапан переключения 2-3 передачи; - заклинило клапан переключения 3-4 передачи; - течь масла в поршнях В<sub>2</sub>, С<sub>3</sub> или С<sub>2</sub>; - давление, создаваемое соленоидом регулировки давления, недостаточное; - конструктивная неисправность в соленоиде № 1; - конструктивная неисправность в соленоиде № 2.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 41 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
47	Защита от переключения на пониженную передачу	<p>Трансмиссия работает только на 4-й передаче</p> <p>Трансмиссия работает только на 3-й или 4-й передаче</p>	<p><b>А:</b> - селектор в позиции D; - скорость автомобиля более 208 км/ч; - требуется переключение с 4-й на 3-ю передачу.</p> <p><b>А:</b> - селектор в позиции D, 3, 2; - скорость автомобиля более 132 км/ч; - требуется переключение с 4-й на 2-ю или с 3-й на 2-ю передачу.</p>

Код неисправности	Содержание кода неисправности	Проявление неисправности	Возможные неисправности (А). Вероятные режимы движения (Б)
47 (продолжение)	Защита от переключения на пониженную передачу	Трансмиссия работает только на 2-й, 3-й или 4-й передаче	<p><b>А:</b> - селектор в позиции D, 3, 2;                      - скорость автомобиля более 76 км/ч;                      - требуется переключение с 4-й на 1-ю или с 3-й на 1-ю передачу</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 47 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме:                      позиция селектора: «D» «3» «2» «1»                      передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
48	Пониженное напряжение аккумулятора	Напряжение аккумулятора ниже 9 В	<p><b>А:</b> - входная скорость трансмиссии выше 800 мин<sup>-1</sup>.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 48 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме:                      позиция селектора: «D» «3» «2» «1»                      передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
49	Повышенное напряжение аккумулятора	Напряжение аккумулятора превышает 18 В	<p><b>А:</b> - входная скорость трансмиссии выше 800 мин<sup>-1</sup>.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 48 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме:                      позиция селектора: «D» «3» «2» «1»                      передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
56	Плохой сигнал ключа селектора		<p><b>А:</b> - замыкание проводов ключа селектора на цепь (В+) аккумулятора или короткое замыкание на «землю»;                      - влияние других проводов на провода ключа селектора.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 56 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме:                      позиция селектора: «D» «3» «2» «1»                      передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
67	Неисправна цепь датчика температуры масла	Контакт 33 ТСМ постоянно заземлен или на него подается напряжение в 5 В	<p><b>А:</b> - короткое замыкание провода датчика температуры масла на «землю» или влияние других проводов;                      - неисправен сам датчик температуры масла (внутреннее сопротивление датчика температуры масла около 0 Ом или ∞ Ом)</p> <p><b>Б:</b> - даже если датчик температуры не выполняет свои функции, возможно нормальное переключение скоростей (кроме режима Winter)</p>

Код неисправности	Содержание кода неисправности	Проявление неисправности	Возможные неисправности (А). Вероятные режимы движения (Б)
75	Неисправна цепь Torque Control	Контакт 13 ТСМ постоянно заземлен	<p><b>А:</b> - короткое замыкание на «землю» сигнального провода Torque Control или влияние других проводов; - короткое замыкание контакта 13 ТСМ на «землю»; - короткое замыкание контакта С<sub>7</sub> ЕСМ на «землю» или влияние полного сопротивления.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 75 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
76	Неисправна цепь датчика позиции дросселя	Неисправна TPS PWM (Throttle Position Sensor Pulse Witch Module)	<p><b>А:</b> - короткое замыкание на «землю» сигнального провода TPS PWM; - влияние других проводов на сигнальный провод TPS PWM.</p> <p><b>Б:</b> - при указании кода неисправности 76 возможно движение с ручным управлением по следующей схеме: позиция селектора: «D» «3» «2» «1» передача: 4-я 3-я 3-я 1-я</p>
77	Пониженное напряжение в цепи «Kick down»	Дроссельная заслонка открыта менее чем на 86% и контакт 8 ТСМ постоянно заземлен	<b>Б:</b> - даже без наличия функции «Kick down» возможно нормальное переключение скоростей
78	Затяжка момента переключения скоростей	Происходит оставание переключения скоростей при переключениях с 1-й на 2-ю, со 2-й на 3-ю или с 3-й на 4-ю передачу	<p><b>Б:</b> - невозможно движение по инерции; - селектор в позиции D, 3, 2, 1; - возникает сигнал подключения трансмиссии: - несмотря на то, что 5 раз регулировалось необходимое для переключения скоростей давление, на переключение скоростей требуется больше времени, чем положено по норме.</p>

В настоящее время имеется много различных сканирующих тестеров. Их применение дает диагносту возможность отыскать неисправности в электронных системах управления двигателями, коробкой передач, тормозными системами, стабилизацией движения и курсовой устойчивостью автомобиля, управления работой подвески, системы рулевого управления и др.

**Диагностические коды неисправностей.** Диагностические коды неисправностей, генерируемые модулем управления, сообщают технику о наличии неисправности в электронных и электрических цепях систем управ-

ления, но некоторые из них определяют неисправности и в механических, и в гидравлических их частях.

Коды неисправностей не позволяют точно определить причину, но они помогают установить контур, в котором случился сбой, они задают путь, по которому выполняется последующая диагностика. Номера кодов и их значения отличаются у каждого изготовителя. Даже у одного и того же изготовителя значения кодов могут меняться из года в год. На всех автомобилях код неисправности может устанавливаться в следующих трех случаях:

1. Нет сигнала от входного или выходного устройства (датчик или переключатель).

2. Сигнал от устройства не находится в нормальном рабочем диапазоне при заданных условиях работы автомобиля.

3. В результате диагностики выясняется, что цепь датчика/переключателя не функционирует так, как положено.

Коды сохраняются в памяти модуля управления за определенное количество циклов переключения и иногда могут толковаться различными способами. Часто при этом делаются неправильные выводы, и техник ошибочно считает, что неисправен какой-либо из датчиков или переключателей. Это приводит к ненужным заменам исправных деталей.

Современные системы диагностирования непрерывно контролируют работоспособность всех контуров. Кроме того, они допускают проверку конкретного контура системы управления по указанию специалиста. Коды неисправностей этих систем обеспечивают достоверную информацию о работоспособности любого управляющего контура. Код неисправности устанавливается в случаях, когда возникает одно из следующих условий:

- сигнал не действителен;
- сигнал отсутствует;
- сигнал выходит за пределы заданного диапазона.

Некоторые коды блок управления сохраняет до тех пор, пока не будет устранена неисправность и код не будет стерт с памяти блока управления. Другие коды могут автоматически стираться после окончания некоторого времени, определенного количества поездок или запусков двигателя. Некоторые коды могут быть заменены другими, имеющими более высокий приоритет.

Коды неисправностей, в зависимости от типа поломки, могут быть классифицированы на тяжелые или легкие. Если неисправность связана с полным отсутствием сигнала, то код относится к тяжелым. Кратковременные исчезновения сигнала или его прерывистый характер определяют легкий код неисправности.

**Постоянные коды.** Коды неисправностей, имеющиеся в наличии на момент проверки, называются постоянными кодами. При их сбросе они сразу же появляются снова. Поскольку они имеются в момент диагностики, эти коды проверяются в первую очередь.

**Переменяющиеся коды.** Коды неисправностей, записанные в память модуля управления, но не имеющиеся в наличии на момент проверки, называются перемежающимися кодами. Поскольку причина, которая вызвала

появление кода, не присутствует на момент проверки, диагностика в данном случае более сложная.

При диагностике нужно уметь правильно расшифровывать коды. При этом следует принимать во внимание тип кода, а также другие сопутствующие коды, появляющиеся вместе с ним. Кроме датчика или переключателя, который может быть неисправным, появление кода неисправности могут вызвать другие различные причины такие, как плохо подсоединенные электрические разъемы, плохая «масса», оборванные или короткозамкнутые провода, высокое или низкое давление в гидравлических контурах, наличие определенных уровней жидкости и неисправности механических компонентов. Вообще говоря, наличие кода неисправности говорит о том, что имеется определенное отклонение в работе двигателя и/или коробки передач. В некоторых случаях неисправность устройства может привести к появлению более чем одного кода неисправности.

При одновременном появлении нескольких кодов необходимо вначале обращать внимание на коды, связанные с работой двигателя. Двигатель при этом может казаться исправно работающим, поскольку модуль управления может заменять неправильные сигналы на сигналы по умолчанию, улучшающие характеристики двигателя. С другой стороны, коробка передач при наличии не тех сигналов, которые требуются, может работать неправильно. Для того, чтобы коробка передач реагировала правильно, необходимо вначале обеспечить правильную работу двигателя.

Когда имеются коды неисправности двигателя, следующим шагом обычно будет просмотр входных и выходных кодов коробки передач. Проверьте цепи и устройства, которые можно в первую очередь подозревать в установлении кодов неисправностей. Внимательно прочитайте инструкцию по техническому обслуживанию. Техник с опытом сможет быстрее разобраться в ситуации и определить места возможных неисправностей.

В некоторых случаях определенные коды или их комбинации могут привести к отключению работы выходных электронных устройств трансмиссии. Это обычно приводит к ситуации, когда гидравлически могут включаться только задняя и передняя повышающая передачи. Некоторые коробки передач могут также обеспечить другие передние передачи при их механическом включении. Такой режим работы называется аварийным режимом механического управления.

**Аварийный режим механического управления** – электрическое отключение выходных соленоидов коробки передач, в результате чего от механического клапана могут гидравлически срабатывать только определенные передачи. Это обеспечивает возможность движения автомобиля к месту ремонта. Функционирование коробки 41TE компании «Крайслер» в аварийном режиме механического управления приведено в табл. 4.18.

**Функционирование коробки 41TE в аварийном режиме  
механического управления**

<b>Позиция диагностики</b>	<b>Работа электронного блока управления после возникновения неисправности</b>
Нет сигнала от датчика положения распределительного вала к электронному модулю	Электронный модуль для управления моментом впрыска топлива использует только сигнал от датчика положения коленчатого вала. (Нормальный порядок многоточечного впрыска невозможен)
Низкое напряжение от датчика положения дроссельной заслонки	Вместо сигнала от датчика положения дроссельной заслонки электронный модуль использует значение, вычисленное с использованием сигнала от датчика абсолютного давления в коллекторе
Высокое напряжение от датчика положения дроссельной заслонки	Вместо сигнала от датчика положения дроссельной заслонки электронный модуль использует значение, вычисленное с использованием сигнала от датчика абсолютного давления в коллекторе
Низкое напряжение от датчика температуры охлаждающей жидкости	Электронный модуль использует значение по умолчанию для температуры охлаждающей жидкости. Электронный модуль включает вентилятор радиатора. Электронный модуль осуществляет управление без цепи обратной связи
Высокое напряжение от датчика температуры охлаждающей жидкости	Электронный модуль использует значение по умолчанию для температуры охлаждающей жидкости. Электронный модуль включает вентилятор радиатора. Электронный модуль осуществляет управление без цепи обратной связи
Нет сигнала от датчика скорости автомобиля	Электронный модуль управляет двигателем так, как если бы скорость автомобиля была равна нулю
Низкое напряжение от датчика абсолютного давления в коллекторе	Электронный модуль использует значение, вычисленное при использовании вместо сигнала датчика давления в коллекторе сигналов датчика положения дроссельной заслонки и датчика скорости автомобиля
Высокое напряжение от датчика абсолютного давления в коллекторе	Электронный модуль использует значение, вычисленное при использовании вместо сигнала датчика давления в коллекторе сигналов датчика положения дроссельной заслонки и датчика скорости автомобиля
Низкое напряжение от датчика температуры поступающего воздуха	Электронный модуль вместо сигнала от датчика температуры воздуха использует сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости
Высокое напряжение от датчика температуры поступающего воздуха	Электронный модуль вместо сигнала от датчика температуры воздуха использует сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости
Сигнал от датчика положения дроссельной заслонки не соответствует сигналу от датчика абсолютного давления в коллекторе	Электронный модуль вместо сигнала от датчика положения дроссельной заслонки использует значение, вычисленное с использованием сигнала от датчика абсолютного давления в коллекторе

Позиция диагностики	Работа электронного блока управления после возникновения неисправности
В ремне газораспределительного механизма неисправен один или несколько зубьев	Электронный модуль для управления моментом впрыска топлива использует только сигнал от датчика положения коленчатого вала. (Нормальный порядок многоточечного впрыска невозможен)
Пропуски данных о положении распределительного или коленчатого вала	Электронный модуль для управления моментом впрыска топлива использует только сигнал от датчика положения коленчатого вала. (Нормальный порядок многоточечного впрыска невозможен)

#### 4.5.4. Бортовые системы контроля автоматических коробок передач

**Бортовая диагностика.** Все системы управления трансмиссии имеют в своем составе блок самодиагностики, который непрерывно контролирует работу системы. Кроме того, этот блок позволяет проводить проверку системы и поиск неисправностей.

Информация, передаваемая бортовой системой диагностики на диагностический разъем, содержит:

- коды имеющихся неисправностей;
- фактические данные управляемых процессов;
- показания различных датчиков в виде напряжения и в виде других физических величин;
- результаты проведенного тестирования подсистем системы управления.

Необходимым условием нормальной работы всех систем управления транспортного средства является правильно отрегулированный двигатель. То есть работа любой бортовой электронной системы управления непосредственно зависит от того, как работает система управления двигателем. [14, 15]

Поскольку трансмиссия вносит свой вклад в уровень вредных выбросов автомобиля, многие неисправности коробки передач могут быть причиной загорания лампы индикации неисправностей. В инструкции по эксплуатации даются разъяснения по поводу того, какие условия могли привести к установлению кода неисправности.

Основными сигналами, которые поступают в систему управления трансмиссией, являются сигналы датчика скорости транспортного средства и датчика положения дроссельной заслонки. Поэтому в системе формирования этих сигналов используются резервные датчики. Это гарантирует надежную работу транспортного средства даже в том случае, если возникла неисправность в одном из этих датчиков.

Как правило, после включения зажигания блок управления осуществляет ряд проверок. Сначала проверяются внутренние элементы самого бло-

ка управления и память. После проверяются источник питания, датчики и исполнительные механизмы. Это происходит настолько быстро, что водитель практически не замечает этого. Если проверка прошла успешно, то блок управления разрешает запуск двигателя.

Во время движения транспортного средства некоторые блоки непрерывно осуществляют проверку системы управления, а другие делают это через определенные промежутки времени. Каждый датчик системы и исполнительный механизм имеют рабочие диапазоны изменения напряжения. Блок управления контролирует напряжение на этих элементах. При этом контролируется наличие сигнала, его значение и выход за установленные пределы.

При обнаружении блоком управления каких-либо незначительных неисправностей, информация об этом записывается в память. В зависимости от характера неисправности блок управления может устанавливать или не устанавливать диагностический код неисправности. В случае серьезной неисправности устанавливается соответствующий код и для предупреждения водителя на панели приборов загорается контрольная лампа. При этом трансмиссия переводится в режим защиты.

Для контроля технического состояния АКП используются электромагнитные датчики частоты вращения первичного вала (ISS) и частоты вращения вторичного вала (OSS). Их аналоговые сигналы напряжения, поступающие в блок управления РСМ, используются для управления гидротрансформатором, расчета моментов переключения передач и задания правильного рабочего давления коробки передач в блоке с ведущим мостом. Сравнение (модулем РСМ) сигналов от обоих датчиков позволяет контролировать износ и проскальзывание элементов внутри коробки передач и генерировать код DTC, когда износ становится значительным.

**Режим защиты трансмиссии.** В случае возникновения неисправности в работе трансмиссии, которая способна привести к серьезной поломке, блок управления переводит трансмиссию в защитный режим работы. В этом случае полностью отключаются некоторые системы и ограничивается действие других. Такой режим позволяет транспортному средству добраться до ремонтной мастерской или до гаража.

Обычно в режиме защиты в коробке передач включается одна какая-нибудь передача и запрещены все остальные переключения. Номер передачи, которая выбирается в режиме защиты, для разных транспортных средств разный (чаще всего это вторая или третья) и соответствует передаче, на которой все соленоиды переключения находятся в отключенном состоянии. Кроме того, в режиме защиты запрещается блокирование гидротрансформатора.

Современные системы управления допускают нормальную работу трансмиссии в случае возникновения незначительных неисправностей. Блок управления может игнорировать неправильный сигнал, заменяя этот сигнал на значение, хранящееся в памяти, или использовать сигнал другого дублирующего датчика. В некоторых случаях система управления может обеспе-

чивать такой высокий уровень автокоррекции, что водитель может даже и не подозревать, что возникла неисправность.

Систему управления трансмиссией разработано так, чтобы в случае отказа одного из соленоидов переключения в коробке передач включалась третья передача. В случае отказа соленоида, регулирующего давление в основной магистрали давления, давление в ней повышается до максимального значения. При отказе соленоида, управляющего блокированием трансформатора, блокирующая муфта будет находиться у выключенном состоянии. Все это гарантирует безопасность движения транспортного средства.

Для получения диагностических кодов необходимо подать на вход системы определенную комбинацию действий педали управления дроссельной заслонкой и рычага выбора диапазона. В случае возникновения каких-либо нештатных ситуаций в главных системах, например, формирования сигнала положения дроссельной заслонки, формирования сигнала скорости транспортного средства или формирования управляющих сигналов на соленоидах, они могут быть легко обнаружены с помощью индикаторной лампы. Это позволяет контролировать работу трансмиссии без использования специальных сканеров или какого-либо другого оборудования.

**Процесс диагностирования.** Система самоконтроля контролирует все показанные на рис. 4.47 компоненты и сохраняет данные об их неисправностях в памяти блока управления. Для вывода из памяти регистратора неисправности в инструкции по эксплуатации автомобиля указываются определенные функции.

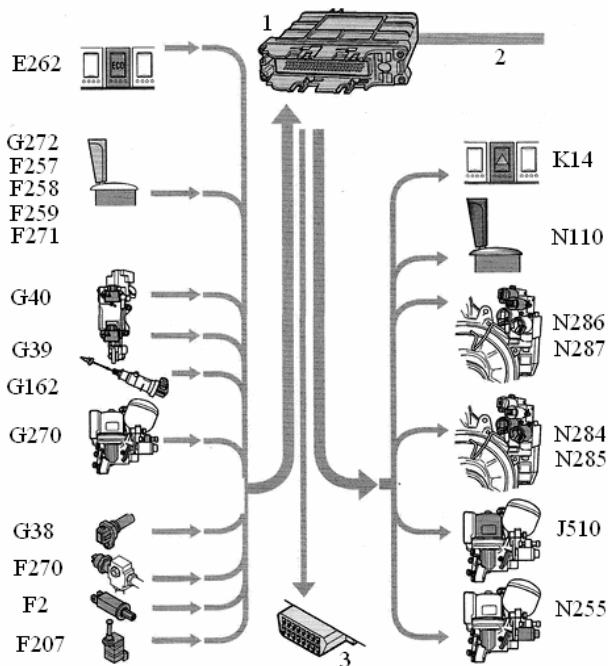


Рис. 4.47. Компоненты системы управления трансмиссией

На рис. 4.47: 1 – электронный блок управления механической коробкой передач J514; 2 – шина данных CAN; 3 – диагностическая колодка.

На рис. 4.47 показаны компоненты системы управления автомобилем Lupo фирмы Volkswagen DS085, техническое состояние которых определяется системой самоконтроля:

- переключатель режимов электронного управления коробкой передач E262;

- потенциометр для определения продольного перемещения рычага селектора G272;

- выключатель для определения ручья кулисы селектора F257;

- выключатель для определения нейтрального положения рычага селектора F258;

- выключатель для определения положения рычага селектора в позиции «Стоп» F259;

- выключатель для определения положения рычага селектора, соответствующего автоматическому переключению передач F271;

- потенциометр 2 для определения выбранной передачи G240;

- потенциометр 1 для определения включенной передачи G239;

- потенциометр для определения хода сцепления G162;

- датчик давления рабочей жидкости G270;

- датчик частоты вращения первичного вала коробки передач G38;

- датчик давления в приводе тормозов F270;

- контактный датчик в двери водителя F2;

- контактный датчик на капоте F207;

- контрольная лампа стояночного тормоза K14;

- электромагнит блокировки рычага селектора N110;

- клапаны 1 и 2 гидропереключателя N286 и N287 (для выбора передач);

- клапаны 3 и 4 гидропереключателя N284 и N285 (для включения передач);

- гидронасос;

- электромагнитный клапан рабочего привода сцепления N255.

С шины CAN поступают данные: от электронного блока управления двигателем, датчика температуры охлаждающей жидкости, сигналы с датчика положения педали акселератора; блока управления комбинации приборов J285 (контрольная лампа режима управления коробкой и указателя включенной передачи); блока управления АБС.

Диагностика является процессом, при котором связываются вместе различные данные, касающиеся работы коробки передач и двигателя, применяются теоретические и практические знания для принятия логического решения, выявления и устранения неисправностей и отказов.

Полный сервисный цикл диагностических работ и устранение неисправностей АКП представлен на рис. 4.48.

Диагностика современных коробок передач обязательно должна включать в себя следующие процессы:



- когда включено зажигание, указатель «Power» должен загореться через 4 секунды;
- после включения зажигания через 4 секунды лампочка должна погаснуть;
- если лампочка не погаснет через 4 секунды или начнет мигать на ходу, это означает, что указывается неисправность по системе самодиагностики.

Так как и после устранения неисправности в памяти остается код возникшей неисправности, то после ремонта обязательно нужно удалить этот код.

**Код неисправности.** Техническое состояние трансмиссии можно узнать по параметрам сигналов, которые выдаются датчиками. Если выдаваемое датчиком значение сигнала не совпадает со стандартным установленным значением, то блок управления «заставляет» мигать лампочку «Power», подавая водителю сигнал о возникновении неисправности и запоминая код неисправности в памяти.

**Методы расшифровки кодов неисправностей.** Диагностика неисправностей осуществляется двумя методами. В автомобиле DW20 есть ряд контактов (4, 22, 23) в 35-штырьковом разъеме электронного блока (TCM).

Первый метод заключается в закорачивании контакта 4 на «землю» (линия для проведения диагностики) и по миганию лампочки «Power» определяют неисправность.

Второй метод предусматривает использование специального прибора Scanner (Tech 1), который может читать информацию TCM с контакта диагностики неисправностей 23, являющегося контактом линии непрерывной информации (непрерывные входные данные).

Если заземлить контакт 4 для диагностики неисправностей отрезком провода и включить зажигание, не запуская двигатель, то в этом состоянии можно проводить диагностику.

Лампочка «Power» три раза покажет основной код «12», затем будет показывать код соответствующей неисправности.

Для расшифровки кодов неисправностей необходимо произвести следующие действия:

- заземлить контакт 4 диагностики неисправности перемычкой;
- при неработающем двигателе включить зажигание;
- при этом лампочка «Power» будет загораться и указывать код неисправности;
- когда число десятков равно 1;
- когда число единиц равно 2;
- число десятков + число единиц = 12: означает код неисправности «12».

Коды неисправностей и возможные их причины на примере автомобиля DW20 приведены в табл. 4.19. Причины появления неисправностей по приведенным в таблице кодам рассмотрены также в табл. 4.17.

**Коды неисправностей АКП переднеприводного автомобиля DW20  
и причины их появления**

<b>Код неисправности</b>	<b>Возможные причины неисправности</b>
15	Повышенное напряжение термовыключателя охлаждающей жидкости
17	Пониженное напряжение соленоида № 1
24	Отсутствие сигнала о скорости автомобиля
25	Повышенное напряжение соленоида № 1
26	Пониженное напряжение соленоида № 2
28	Повышенное напряжение соленоида № 2
29	Пониженное напряжение соленоида управления блокировкой
32	Пониженное напряжение соленоида регулировки давления масла
33	Повышенное напряжение соленоида регулировки давления масла
36	Повышенное напряжение соленоида управления блокировкой
38	Отсутствие входного сигнала трансмиссии (количество оборотов С <sub>1</sub> )
41	Неисправность гидравлической системы
47	Защита от переключения на пониженную передачу
48	Пониженное напряжение аккумулятора
49	Повышенное напряжение аккумулятора
56	Плохой сигнал ключа селектора
67	Неисправность цепи датчика температуры масла
75	Неисправность цепи контроля момента вращения
76	Неисправность цепи датчика позиции дроссельной заслонки
77	Пониженное напряжение в цепи «Kick down»
78	Задержка времени переключения скоростей

**4.5.5. Средства и алгоритмы диагностирования автоматических  
коробок передач**

**Извлечение кодов.** При извлечении кодов неисправностей могут применяться различные методы и различные приспособления. К ним относятся простая проводная перемычка, аналоговый (стрелочный) вольтметр, электронные дисплеи, расположенные на приборной панели, портативные автомобильные сканеры и стационарные диагностические приборы на базе компьютера, имеющиеся в сервисных центрах.

Стационарные приборы диагностических систем, используемые в сервисных центрах, обеспечивают получение различной диагностической информации, необходимой для ремонта. Диагностические системы, например, T-100 компании «Дженерал Моторс», 5BDS компании «Форд», системы стенда FSA-740 фирмы Bosch могут использоваться для извлечения кодов и выполняют все функции, доступные для портативных сканеров, плюс многие другие. Существуют различные модели стационарных диагностических приборов на базе компьютера. Большинство из них включают в себя компьютерный монитор, принтер, привод CD для считывания инструкций по техническому обслуживанию и информации изготовителя, распространяемой на компакт-дисках. На некоторых приборах имеется модем для обеспечения связи через Интернет с центром технической поддержки. Хотя и до-

вольно дорогие, эти устройства являются прекрасным диагностическим средством, которое предназначено для использования обученным техническим персоналом.

Изготовители обычно дают рекомендации относительно приборов и их изготовителей, которые предпочтительны для извлечения кодов неисправностей. Многие независимые компании производят и продают собственное диагностическое оборудование. Каким бы приспособлением вы не пользовались, всегда неукоснительно следуйте инструкциям, поставляемым вместе с устройством. Коды, извлекаемые в процессе диагностики, следует тут же записывать.

**Средства считывания кодов.** Основным средством считывания кодов неисправностей автомобилей является сканер. Сканер осуществляет обмен данными с электронным блоком управления системы и имеет доступ к его памяти и внутренним ресурсам.

К настоящему времени выпускается много различных типов сканеров. Например, KTS-651 фирмы Bosch, Carman Scan II и Carman Scan VG фирмы Nextech (Корея), Axone 2000 фирмы Texa (Италия) Axone 3 Mobile фирмы Autologic (Британия) SUN PDL 1000 и PDL 2000, ST-6000, AD-9000, GT-1 (Mogic-4) и ряд других. [16, 17]

Применяемость сканеров определяется протоколом обмена. Например, все автомобили группы VAG имеют одинаковый протокол обмена между ЭБУ и сканером. Поэтому для диагностики любого автомобиля этой группы (VW, Audi, Seat, Škoda) достаточно иметь один сканер. Стремление сделать сканеры универсальными привело к появлению сканеров со сменными картриджами и переходниками для разных диагностических разъемов.

После введения стандарта OBD-II все американские и большинство европейских производителей устанавливают на автомобиле одинаковый диагностический разъем. Протокол OBD-II позволяет считывать те параметры, которые непосредственно влияют на безопасность, а также на токсичность отработавших газов. При этом протокол обмена производителя позволяет считывать гораздо большее количество данных.

Портативный сканер D91 предназначен для диагностики электронных систем, устанавливаемых на следующих автомобилях: Audi, BMW, Daewoo, Daihatsu, Ford, GM, Honda/Acura, Hyundai, KIA, Mercedes-Benz, Mazda, Mitsubishi, Nissan/Infinity, Opel, Porsche, Saab, Seat, Škoda, Subaru, Suzuki, Toyota/Lexus, Volkswagen, Volvo, а также автомобилей, поддерживающих протокол OBD-II (SAE J1850 VPW, SAE J1850 PWM, ISO 9141-2) и EOBD (ISO 14230-4). Опционально быть добавлена поддержка французских автомобилей (Citroen, Peugeot, Renault).

Поддерживает функции:

- чтение и стирание кодов неисправностей;
- вывод информации в реальном режиме времени;
- управление исполнительными механизмами;
- адаптация и кодировка электронных блоков управления.

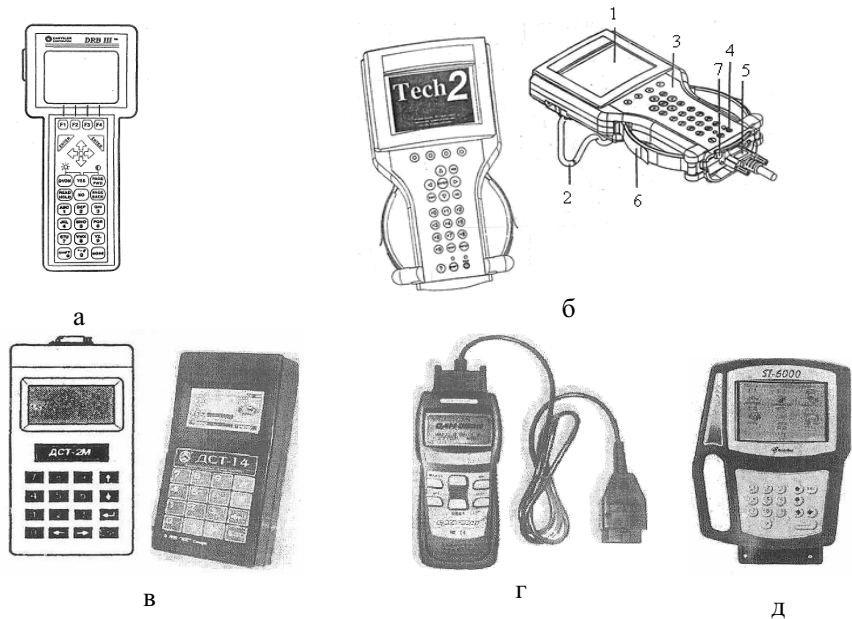
Вывод информации осуществляется как в цифровом, так и в графическом виде.

Прибор комплектуется одним перепрограммируемым картриджем и необходимыми для диагностики кабелями и адаптерами и может работать под управлением персонального компьютера. Программное обеспечение регулярно обновляется.

Производитель сканера – Autoland, Тайвань.

**Средства контроля и диагностирования АКП.** С самого начала внедрения электронных средств (с начала 1980-х годов) проверки входных и выходных сигналов электронных блоков управления проводились непосредственно на самом автомобиле. При отклонении от заданных параметров в памяти сохранялись коды неисправностей. Некоторые из кодов немедленно индицировались лампами индикации неисправностей, сообщая водителю о появлении неисправности.

С годами уровень сложности устройств электронного управления коробками передач повышался, работа многих устройств стандартизовалась, но в работе некоторых других устройств до сих пор имеются отличия.

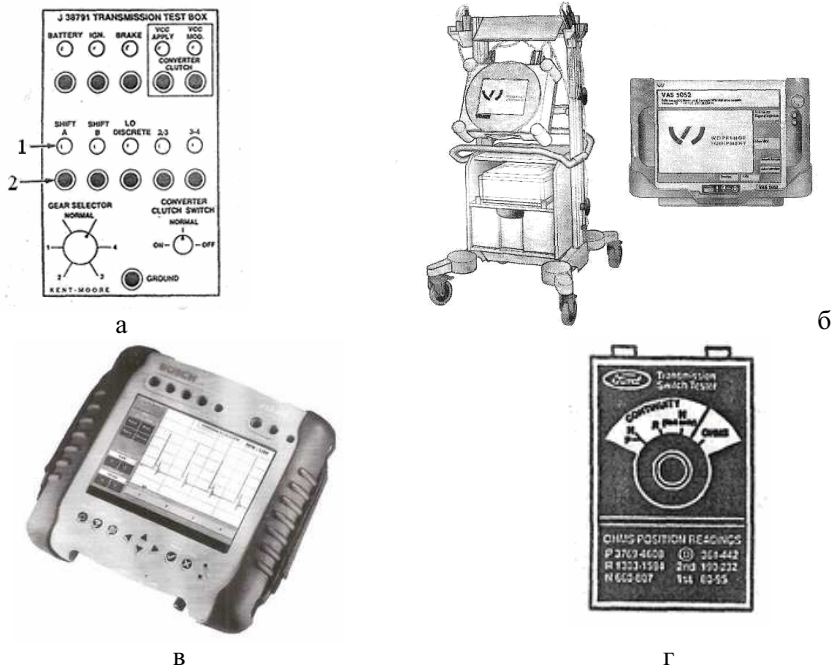


**Рис. 4.50. Общий вид сканеров DRB III (а) и Tech 2 (б) американских автомобильных компаний, а также универсальные сканеры DST-2M и DST-14 (в), CAN OBD-II (г), ST-6000 (д):**

1 – дисплей; 2 – опора; 3 – панель клавиатуры; 4 – кнопка включения/выключения питания; 5 – разъем для соединения с диагностическим разъемом автомобиля; 6 – регулируемый ремень; 7 – фиксируемый рычаг интерфейса связи с автомобилем

Для анализа неисправностей коробки передач в настоящее время существуют многочисленные типы диагностических сканеров и тестеров. Примеры таких специальных инструментов и приспособлений приведены на рис. 4.50. Без некоторых из них нельзя обойтись, другие же облегчают работу и позволяют ускорить обнаружение неисправностей (рис. 4.51).

Многие из подобных средств стандартизованы, созданы новые универсальные тестеры, сканеры, осциллографы с высокой разрешающей способностью.



**Рис. 4.51. Общий вид тестера коробок передач 4T60-E (а), измерительно-вычислительных комплексов VAS 5051 и VAS 5052 (б), осциллографа мотор-тестера BOSCH FSA (в) и тестера переключателя рычага положения селектора (г):**  
1 – светодиодный индикатор; 2 – гнездо для штекера;

Современные универсальные диагностические сканеры позволяют осуществлять до 6 уровней диагностирования:

- уровень идентификации системы управления;
- считывание из памяти кодов неисправностей;
- считывание фактических параметров;
- управление исполнительными механизмами;
- проведение согласования, адаптации и обучения отдельных компонентов или подсистем;
- считывание результатов специальных экологических тестов, проводимых системой самодиагностики во время движения транспортного средства.

Постановка диагноза осуществляется по следующему алгоритму: считывание области памяти неисправностей, если неисправности присутствуют, то осуществляется проверка параметров системы, связанных с элементом, вызвавшим ошибку.

Параметры, отображаемые диагностическим сканером, сравниваются с эталонными значениями для данного режима. При выходе значения параметра за пределы допуска ставится заключение о возможной причине неисправности на основе технической документации. Если же проверяемым элементом является не датчик, а исполнительный элемент или подсистема в целом, то по командам диагностического сканера тестируемый элемент (подсистема) вводится в тестовый режим. Исправность подсистемы оценивается по удовлетворению граничным условиям, как задаваемого управляющего сигнала, так и отклика системы на этот управляющий сигнал. Отклик на управляющее воздействие воспринимается как изменение сигналов датчиков, установленных в тестируемой подсистеме.

**Алгоритм поиска неисправностей АКП переднеприводных автомобилей.** Диагностику начинают с простейших проверок, двигаясь постепенно по степеням сложности.

При возникновении неисправностей в АКП вначале необходимо определить, какая это неисправность – электрическая или механическая, основываясь на приведенном алгоритме (рис. 4.39), а также проверить состояние рабочей жидкости (масла), осмотреть тяги переключения скоростей, проверить ключ «нейтраль/запуск», проверить функцию самодиагностики.

АКП автомобиля DW20 имеет четыре передних и одну заднюю передачи, позицию для стоянки, нейтральную позицию. Кроме того, в ее составе есть converter (Lock up) clutch, что помогает улучшить ходовые качества автомобиля и показатели расхода топлива в зависимости от характера движения. Коробка приводится в действие механическим, гидравлическим и электрическим способами и обеспечивает удобства, имея следующие достоинства:

- улучшаются характеристики переключения скоростей, так как соединение с двигателем происходит в оптимальных условиях;
- улучшаются показатели расхода топлива, благодаря переключению передач по программе оптимального режима движения;
- возможность широкого выбора программ: economic/power, winter;
- уменьшаются механические потери в системе передачи тягового усилия;
- встроена функция самодиагностики неисправностей;
- возможно движение в чрезвычайном режиме по программе чрезвычайного режима при возникновении неисправности системы.

Диагностирование с помощью системы самодиагностики не дает достаточного количества информации для достоверной постановки диагноза. В алгоритме работы современной бортовой системы самодиагностирования можно выделять несколько уровней функционирования.

Первый уровень – проверка сигналов датчиков, установленных в системе. Проверяется версия: не выходит ли сигнал датчика за пределы допускаемого диапазона.

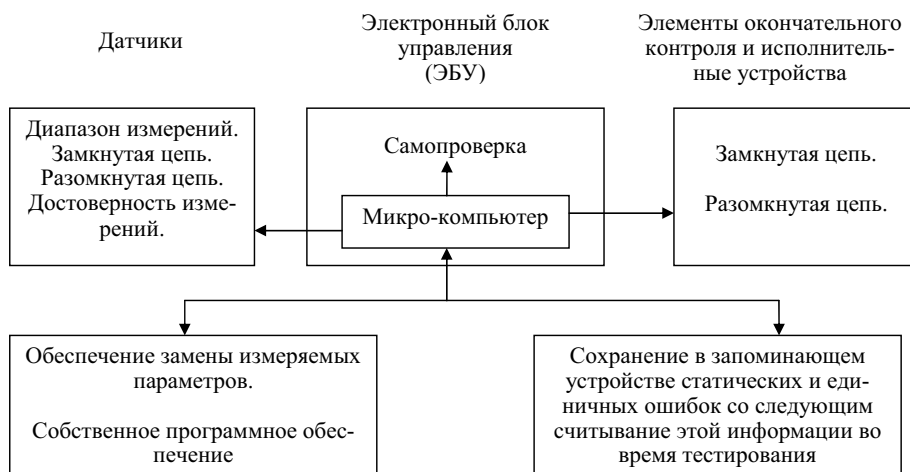
Второй уровень проверок – сравнительный. Оценивается вероятность того, что тестируемый датчик действительно может иметь такой уровень

сигнала именно на данном режиме, то есть по отношению к сигналам с других датчиков.

Третий уровень проверки – оценивается динамическое изменение сигнала во времени.

Четвертый уровень проверки заключается в следующем. Если бортовая система управления поставила диагноз об исправности датчика, то с его помощью оценивается динамика самого процесса, происходящего в системе. Например, по сигналу датчика массового расхода воздуха оценивается правильность функционирования системы рециркуляции отработавших газов.

Для запоминающих устройств применяется сравнение с итоговыми данными испытаний для гарантии того, что все данные и программы сохраняются в этих устройствах должным образом (рис. 4.52).



**Рис. 4.52. Структура самоконтроля электронных систем**

Датчики испытываются на точность полученных от них данных (в установленных пределах); также проверяются разомкнутые и замкнутые цепи. Конечные элементы управления могут испытываться во время их работы с использованием предельных значений тока.

Внешние испытательные устройства используют интерфейсы, регламентированные в стандарте ISO 9141.

Возможности самоконтроля предусматривают:

- идентификацию системы и ЭБУ;
- распознавание, хранение и считывание информации о статических и единичных нарушениях работы;
- считывание текущих реальных данных, охватывающих условия окружающей среды и спецификации;
- моделирование функций системы;
- программирование параметров системы.

Если оценивать метод «самодиагностики» с точки зрения временных затрат, то он является самым «быстрым». Затраты времени, требующегося на проведение тестового диагностирования, можно разделить на следующие операции:

- подключение диагностического сканера к диагностическому разъему автомобиля;
- идентификация блока управления и установка связи;
- считывание кодов неисправностей;
- постановка предварительного диагноза на основе рекомендаций экспертной системы по считанным ошибкам;
- считывание параметров отображаемых системой самодиагностики и сравнение их с допустимыми по технической документации;
- проведение тестов исполнительных механизмов (при необходимости);
- постановка окончательного диагноза и отключение диагностического сканера.

#### **4.5.6. Общие принципы поиска неисправностей**

Прежде чем приступить к поиску неисправностей в электрической или электронной цепи, необходимо ознакомиться с этой цепью. Диагност должен разбираться в работе последовательных и параллельных цепей и знать связь между напряжением, сопротивлением и током.

Не следует экспериментировать с электронными цепями, наугад соединяя и разъединяя провода. Напряжение питания всех цепей должно быть правильным. Электронные цепи работают от очень низких напряжений, обычно от 0 до 5 В или от 0 до 8 В и потребляют очень небольшие токи, исчисляемые миллиамперами. Подача в электронную цепь напряжения 12 В часто выводит ее из строя.

Устранение неисправностей в большинстве случаев заключается в определении (с помощью индикаторов или тестеров) мест обрыва или замыканий электрических цепей и их восстановлении путем подтяжки ослабленных соединений, зачистки, устранения обрывов или замыканий проводов, и замены вышедших из строя элементов.

Общими рекомендациями по поиску неисправностей являются:

1. Для нормального функционирования компьютера, напряжение питания должно быть не менее 11,5 В.
2. Сразу же перегорающие предохранители указывают на замыкание на «массу» какой-либо цепи. Не исключена возможность неправильного подсоединения проводов с цветной изоляцией к переключателям, срабатывающим от давления.
3. Никогда не устанавливайте предохранитель с номиналом, большим указанного на схеме.
4. Пользуйтесь высокоомным щупом-пробником. Через стандартный 12-вольтный пробник может течь слишком большой ток, что может привести к поломке электронных компонентов. Пробники с автономным пита-

нием должны иметь высокоомный индикатор и питаться от батарейки с напряжением не более 1,5 В.

5. Для проверки цепей используйте высокоомный цифровой вольтметр (с сопротивлением не менее 10 МОм). Стрелочный прибор может стать причиной повреждения электронных компонентов. Кроме того, в цепи при этом будет протекать слишком большой ток.

6. Если есть предположение, что причиной неисправности компьютера является короткое замыкание, проверьте при помощи вольтметра замыкание выходных цепей на массу».

7. Помехи от электрической сварки могут привести к неисправности компьютера. Всегда отсоединяйте и извлекайте компьютер из автомобиля при проведении сварочных работ. Отсоединение «массы» аккумуляторной батареи не защитит компьютер.

8. Перед заменой компьютера или повторной его установкой проверьте ограничительные диоды соленоидов, воспользовавшись инструкцией изготовителя. Они применяются в различных цепях управления помимо трансмиссии, например, в цепи магнитной муфты компрессора кондиционера воздуха.

9. Поскольку цепь является низкоточной, всегда следует проверять падение напряжения на проводах «массы». Если масса хорошая, падение напряжения будет от нуля до 0,05 В. Предельной величиной является 0,5 В. При разорванной цепи «массы» напряжение будет 12 В. Наличие хорошей «массы» очень важно для правильной работы компьютера.

10. Чтобы предотвратить возможные повреждения от бросков напряжения, зажигание должно быть выключено при:

- запуске двигателя от «прикуривателя»;
- зарядке аккумуляторной батареи;
- отсоединении или подсоединении компьютера или компонентов компьютерной цепи.

11. Ни в коем случае не дотрагивайтесь до проводов острым инструментом. Это может повредить изоляцию, в результате чего может начаться коррозия. Используемые проводные переключки должны иметь малое сопротивление.

12. Соединительные провода следует залуживать с использованием припоя ПОС60. При ремонте герметичных атмосферостойких разъемов следуйте инструкциям изготовителя.

13. Разъемы являются частой причиной неисправностей, в особенности по причине неплотного подсоединения. Покачайте обе части разъема, наблюдая при этом за показаниями мультиметра. Если величина напряжения будет меняться, отсоедините разъем и проверьте его на наличие поврежденных и корродированных контактов. Если контакты выглядят исправными, обратите внимание на провода и их соединения внутри разъема. При необходимости произведите ремонт или замену.

14. Проверьте, не перепутаны ли провода, идущие к соленоидам и переключателям, срабатывающим от давления. Иногда цвета проводов не соответствуют указанным на электрической схеме.

15. Проверьте, нет ли устройств, которые могут создавать помехи, например, мобильных телефонов. Радиоволны длиной порядка 483 мм могут повлиять на работу компьютера и, тем самым, на работу трансмиссии. Подключение дополнительного оборудования не должно прерывать подачу питания к компьютеру или быть причиной электромагнитных наводок.

16. Провода компьютера не должны идти параллельно с высокочастотными проводами. Действие магнитной индукции может повлиять на работу компьютера. Провода должны пересекаться под прямым углом и ни в коем случае не идти параллельно. Следует также оберегать провода компьютера от воздействия зажигания. Часто проблемы, связанные с компьютером, можно разрешить простой укладкой проводов от датчиков на их первоначальное место. Электромагнитное влияние, особенно под капотом автомобиля, очень сильное и может воздействовать на электронику. Поэтому правильность укладки проводов от датчиков является очень важным моментом.

17. При снятии или отсоединении аккумуляторной батареи происходит сброс памяти радиосистемы, положения кресел, системы контроля климата и т. д. Перед снятием аккумуляторной батареи необходимо записать установки и затем снова ввести их. Наилучшим способом для этого является подсоединение транзисторного устройства на батарейках к прикуривателю для предотвращения сброса памяти, перед снятием аккумуляторной батареи.

При диагностике коробок передач с электронным управлением необходимо в точности следовать указанной последовательности действий.

Диагностика неисправностей и отказов всегда должна начинаться с наиболее простых проверок: оценка уровня и состояния рабочей жидкости, проверка регулировки приводов переключения передач и дроссельной заслонки. Далее проверяют ходовые качества автомобиля с целью определения эффективности внесенных исправлений (ходовые испытания).

Для более подробной диагностики с применением специального оборудования используются методы и средства, описание которых и типовых нарушений функционирования АКП приведено в эксплуатационной документации конкретного автомобиля.

#### **4.5.7. Поиск неисправностей внешними средствами**

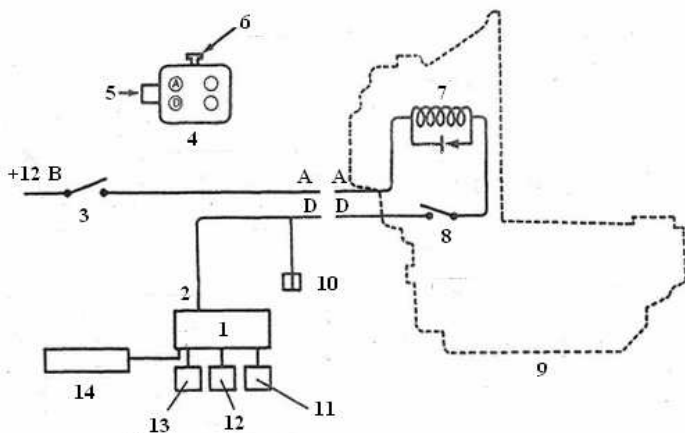
##### **4.5.7.1. Проверка подачи питания и тормозного переключателя**

Перед поиском неисправностей в электрической или электронной цепи следует предварительно получить представление об этой цепи. Если диагност не совсем компетентен в исследуемых последовательных или параллельных цепях, этот процесс необходимо поручить сведущему электрику.

На рис. 4.53 изображена типовая схема электрических цепей муфты гидротрансформатора. [11]

Чтобы проверить правильность работы электрической системы, начните проверку цепи со стороны подачи питания и проверьте питание на разъеме коробки передач:

- отсоедините жгут проводов от коробки передач;
- включите зажигание и подсоедините пробник или вольтметр к контакту 12 В и «массе». Все контакты и провода имеют обозначения или коды цветов на схеме. Для подачи напряжения 12 В на соленоид муфты обычно используется контакт А, а контакт D обычно используется для «массы»;



**Рис. 4.53. Упрощенная схема цепи управления соленоидом муфты гидротрансформатора коробки 3Т40 (125С):**

1 – модуль управления РСМ; 2 – контакт Р; 3 – тормозной выключатель муфты гидротрансформатора; 4 – штекер (разъем) корпуса разъема; 5 – фиксирующий язычок; 6 – ключ (выступ) корпуса разъема; 7 – соленоид муфты; 8 – нормально разомкнутый датчик давления третьей передачи; 9 – трансмиссия; 10 испытательный конец муфты гидротрансформатора; 11 – датчик вакуума; 12 – датчик положения селектора; 13 – датчик скорости автомобиля; 14 – датчик температуры охлаждающей жидкости

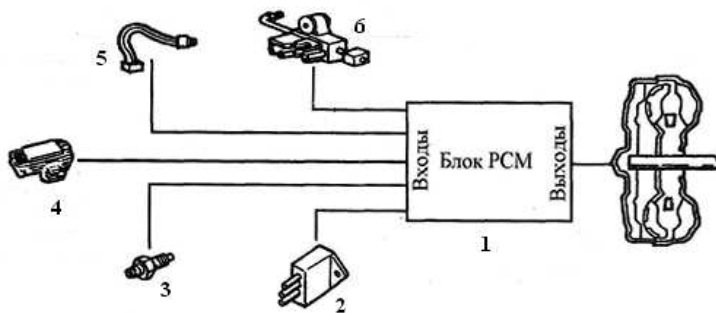
- если лампа пробника загорается или вольтметр показывает напряжение 12 В, кратковременно нажмите на педаль тормоза. Если лампа продолжает гореть, возможно, тормозной переключатель неисправен или неправильно отрегулирован. Возможно, неисправность находится в коробке передач. Проверьте внутренние цепи и при необходимости произведите ремонт;

- если пробник или вольтметр не показывает наличие напряжения, проверьте предохранитель цепи. Иногда обрыв в предохранителе разглядеть трудно, поэтому воспользуйтесь для его проверки омметром;

- если предохранитель исправный, проверьте регулировку тормозного переключателя и снова произведите проверку пробником.

В настоящее время существует много различных сканирующих тестеров. Их применение дает диагносту (технику) возможность отыскать неисправности в электронных системах управления коробкой передач.

На рис. 4.54 указаны некоторые датчики, влияющие на работу муфты блокировки гидротрансформатора АКП.



**Рис. 4.54. Основные датчики, влияющие на работу муфты гидротрансформатора:**

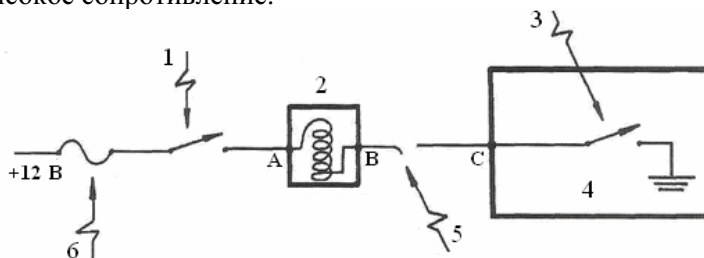
1 – обеспечивает переключение на «массу» или разрывает цепь; 2 – датчик скорости автомобиля; 3 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 4 – датчик абсолютного давления в коллекторе/массы подаваемого воздуха; 5 – датчик положения дроссельной заслонки; 6 – переключатель P/N (Park/Neutral)

#### 4.5.7.2. Поиск неисправностей в электрических и электронных цепях

Общие принципы поиска неисправностей в электрических и электронных цепях приведены в подразделе 4.5.6.

При диагностике электрических цепей вначале необходимо определить тип неисправности. Существует три состояния, которые могут привести к сбоям в правильном функционировании цепей:

- обрыв в цепи;
- короткое замыкание в цепи;
- высокое сопротивление.



**Рис. 4.55. Виды разомкнутых цепей; упрощенная электрическая схема цепи управления муфтой гидротрансформатора:**

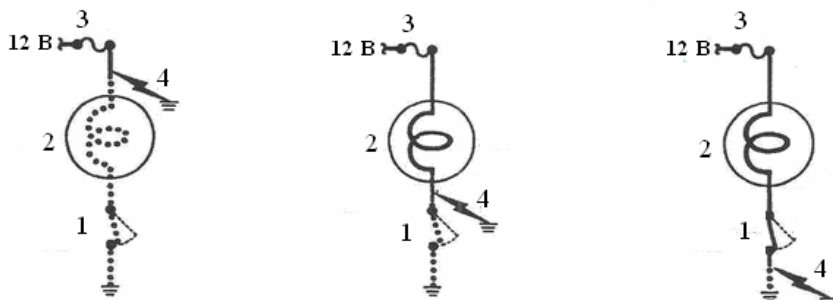
1 – разомкнутый тормозной переключатель; 2 – соленоид блокировки муфты гидротрансформатора; 3 – разомкнутый переключатель «массы»; 4 – бортовой компьютер; 5 – оборванный провод; 6 – перегорание предохранителя; А, В, С – не подсоединенные контакты разъема

Если в наличии полное разъединение цепи, она идентифицируется как разомкнутая цепь (рис. 4.55). При этом путь тока от источника питания и

назад, к другому полюсу источника (аккумуляторной батарее), не является замкнутым. Причинами разрыва цепей может быть следующее:

- перегоревшие предохранители или переключатели;
- обрывы проводов, особенно возле штекеров и соединителей;
- внутренние обрывы компонентов, например, в переключателях или лампах накаливания;
- чрезмерно высокое сопротивление, которое часто имеет те же признаки, что и обрывы. Часто это бывает из-за плохого контакта или повреждения коррозией.

**Разомкнутая цепь** – это цепь, в которой имеется обрыв или плохой электрический контакт, или преднамеренно сделанный (переключателем), или непреднамеренный (плохое соединение или оборванный провод).



Предохранитель  
перегорает

Лампа не может  
быть включена

Не влияет на  
работу цепи

**Рис. 4.56. Короткое замыкание часто можно представить как наличие замкнутого переключателя между нагрузкой и «массой»:**

1 – переключатель; 2 – лампа; 3 – предохранитель; 4 – короткое замыкание

**Короткозамкнутая цепь** – это цепь, в которой образовался такой путь прохождения тока, которого не должно быть. Короткозамкнутая цепь может быть следствием замыкания провода на «массу» или провода на провод. Короткое замыкание цепей не обязательно приводит к перегоранию предохранителя или появлению запаха горелого – все зависит от того, в каком месте замкнута цепь. По имеющимся симптомам иногда можно легко отыскать место замыкания. На рис. 4.56 показаны три случая замыкания проводов на «массу» и результаты этих замыканий:

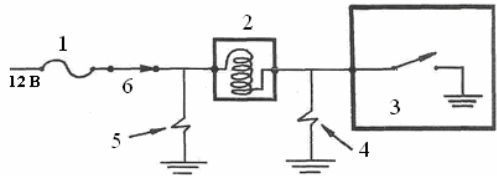
- при замыкании нагрузки на источник питания может перегореть предохранитель. Если в цепи нет предохранителя, подводящий провод перегревается, изоляция начинает плавиться и дымиться;
- если имеется замыкание нагрузки на «массу», нагрузка может быть постоянно включена;
- при замыкании на «массу» работающих компонентов, часто состояние оценивается как «отсутствие неисправностей».

Некоторые возможные замыкания электрической цепи муфты гидротрансформатора АКП изображены на упрощенной схеме на рис. 4.57. Варианты замыкания провода на провод приведены на рис. 4.58. Параллельная цепь появилась в результате непреднамеренного касания проводов.

**Высокое сопротивление** – это такое состояние цепи, когда имеется слишком большое препятствие для протекания электрического тока или когда некоторая часть цепи имеет сопротивление выше нормального. Высокое сопротивление может быть причиной коррозии, плохого соединения, неисправности проводов или контактов, неправильной контактной площади выводов, соединителей или штекеров. Высокое сопротивление всегда возникает между компонентами цепи.

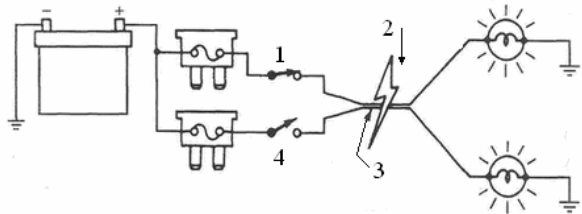
Высокое сопротивление создает нежелательное препятствие в электрической цепи, что ведет к недостаточному падению напряжения или недостаточной мощности в цепи полезной нагрузки. Лампы при этом могут гореть тускло, двигатели могут вращаться медленнее и т. д. Слишком высокое сопротивление часто имеет те же признаки, что и обрыв в цепи, то есть нужные устройства могут не работать. Слабый или корродированный контакт в месте соединения с «массой» является одной из наиболее распространенных неисправностей, поскольку этот контакт в норме должен иметь почти нулевое сопротивление.

Сопротивление может выражаться в единицах «падения напряжения». Во многих электрических цепях почти все напряжение питания должно прилагаться к нагрузке. Если напряжение аккумуляторной батареи 12,5 В, значит все 12,5 В используются в цепи. Было бы идеально, если бы все это напряжение было бы приложено к цепи нагрузки, но этого никогда не бывает, поскольку часть напряжения падает на сопротивление соединений, пока ток доходит до нагрузки. Это сопротивление обычно состоит из сопротивления штекеров, контактов переключателей и внутреннего сопротивления проводов. Часть напряжения теряется вместо того, чтобы расходоваться в



**Рис. 4.57. Виды короткозамкнутых цепей: упрощенная электрическая схема цепи управления муфтой гидротрансформатора:**

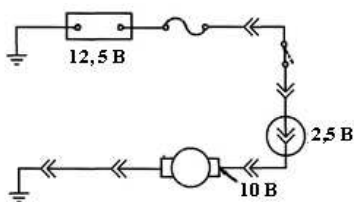
1 – предохранитель; 2 – соленоид муфты гидротрансформатора; 3 – бортовой компьютер; 4 – короткое замыкание (все время включено); 5 – короткое замыкание ведет к перегоранию предохранителя; 6 – тормозной переключатель



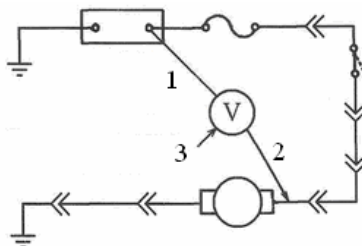
**Рис. 4.58. Короткое замыкание провода на провод:**

1 – выключатель замкнут; 2 – замыкание с другой цепью; 3 – оголенные или поврежденные провода; 4 – выключатель разомкнут

полезной нагрузке. В любом случае падение напряжения есть результат действия сопротивления или нагрузки.



**Рис. 4.59.** На плохое соединение падает 2,5 В



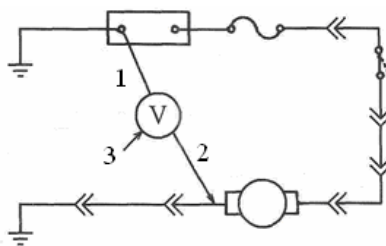
**Рис. 4.60.** Вольтметр показывает общую потерю напряжения со стороны подвода питания:

Если электрическое сопротивление цепи превышает норму, на пути к нагрузке теряется значительная часть напряжения. Работающее при уменьшенном, напряжении устройство может давать сбои. На рис. 4.59 показано, что на плохое соединение падает 2,5 В от напряжения аккумуляторной батареи, пока ток доходит до двигателя. Это означает, что к двигателю приложено напряжение 10 В. При этом двигатель работает медленнее, чем предполагается.

Наилучший способ проверить падение напряжения – подсоединить вольтметр параллельно проверяемой цепи. Для контроля цепи со стороны подачи питания, положительный провод вольтметра следует подсоединить к положительной клемме аккумуляторной батареи, а отрицательный провод вольтметра – к выбранной точке цепи, в которой производится контроль. На рис. 4.60 вольтметр подсоединен так, что он показывает общую потерю напряжения в цепи подачи питания (на рис 4.60 цифрами обозначены: 1 – положительный провод; 2 – отрицательный провод; 3 – падение напряжения в цепи подвода питания).

Для контроля цепи со стороны соединения с «массой» отрицательный провод вольтметра следует соединить с отрицательной клеммой аккумуляторной батареи, а положительный провод – к выбранной точке цепи, в которой производится контроль. На рис. 4.61 вольтметр подсоединен так, что он показывает общую потерю напряжения в цепи соединения с «массой».

Таким образом, вольтметром всегда можно измерить падение напряжения в соединительных цепях. В цепях освещения и аксессуаров общее падение напряжения со стороны подачи питания и стороны подключения «массы» не должно превышать 1,3 В. Общим правилом



**Рис. 4.61.** Вольтметр показывает общую потерю напряжения со стороны подключения «массы»:  
1 – положительный провод; 2 – отрицательный провод; 3 – падение напряжения в цепи подключения «массы»

следует считать, что со стороны подключения «массы» падение напряжения не должно превышать 0,05 В, а предпочтительнее должно быть нулевым. Наиболее точным и быстрым способом измерения сопротивления «массы» является способ измерения падения напряжения. Для описанных процедур следует пользоваться стрелочным или цифровым вольтметром.

#### 4.5.7.3. Проверка электрической цепи муфты гидротрансформатора при помощи диагностического штекера (DLC/ALDL)

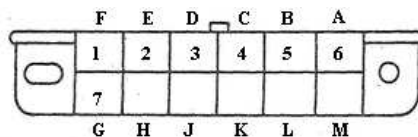
На всех моделях, компьютерных систем, оснащенных системой электронного управления компании «Дженерал Моторс» (с системой диагностики OBD-I), точка проверки муфты гидротрансформатора располагается на диагностическом штекере и представляет собой контакт F, расположенный в левом верхнем углу штекера (рис. 4.62). Штекер располагается под приборной панелью возле рулевой колонки. Контакт F подключается к цепи управления соленоидом муфты гидротрансформатора от модуля ECM/PCM и может использоваться для диагностики. Подключите между контактом F и «массой» высокоомный пробник. Наблюдайте за лампой во время движения. Если она загорится, это означает, что модуль ECM/PCM замкнул цепь соленоида. Пронаблюдайте за лампой пробника, если она будет мигать, это указывает на сбой в цепи.

На некоторых моделях коробок компании «Дженерал Моторс», при блокировке муфты лампа может включиться и снова выключиться.

Кроме этого, можно воспользоваться переключкой, установив ее между контактами F и D диагностического штекера. В этом случае пробником будет служить лампа индикации неисправностей (MIL) или лампа контроля двигателя.

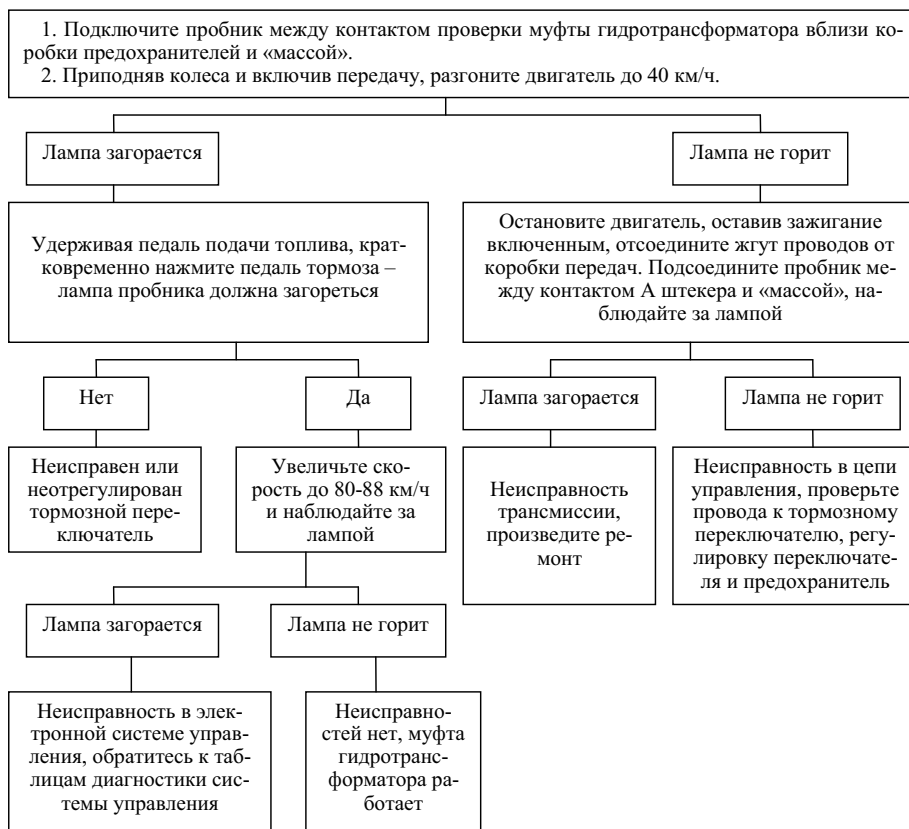
Контакт D является массой для лампы MIL/лампы контроля двигателя. Если лампа не загорится в процессе проверки, проверьте саму лампу. Для этого подключите пробник между контактами D и B (+5 В). Если напряжение есть и лампа пробника загорится, значит лампа MIL неисправна. Типичная процедура испытания электрической системы с использованием диагностического штекера приведена на рис. 4.63.

Перед выполнением этих проверок необходимо выполнить механические проверки рычагов, тяг, уровня масла и т. д. Проверьте также наличие кода 24, если он имеется, смотрите соответствующий раздел инструкции по техническому обслуживанию (поставляется производителем).



**Рис. 4.62. Диагностический штекер (DLC/ALDL) системы OBD-I компании «Дженерал Моторс»:**

1 – муфта гидротрансформатора; 2 – заводские данные; 3 – лампа контроля двигателя; 4 – соленоид воздуха; 5 – запрос диагностики; 6 – «масса»; 7 – топливный насос



**Рис. 4.63. Диагностика электрических цепей муфты гидротрансформатора для автомобилей, оснащенных компьютерной системой управления**

#### 4.5.7.4. Диагностика внутренних электрических цепей муфт с помощью омметра

Все внутренние цепи муфты гидротрансформатора автоматических трансмиссий могут быть проверены с помощью омметра. Техник должен быть знаком со схемой конкретной цепи и при необходимости уметь воспользоваться инструкцией изготовителя по техническому обслуживанию. Проверку внутренних цепей муфты гидротрансформатора мы рассмотрим на примере модели Hydra-Matic компании «Дженерал Моторс». Приблизительно те же методы можно применить и для других моделей с учетом рекомендаций инструкции по техническому обслуживанию.

Для контроля электрической цепи можно использовать несложные приборы. При использовании стрелочного прибора измерительное напряжение цифрового прибора слишком низкое и оно недостаточно для прямого смещения диода соленоида. При этом хороший диод будет казаться неис-

правным. После того как вы отсоедините штекер на коробке передач, можно не бояться повреждения электронных цепей РСМ/ЕСМ. Диод предназначен для защиты от бросков индуцированного высокого напряжения при разомкнутой цепи соленоида и предотвращения повреждения компьютера. Соленоид нормально функционирует при открытом диоде.

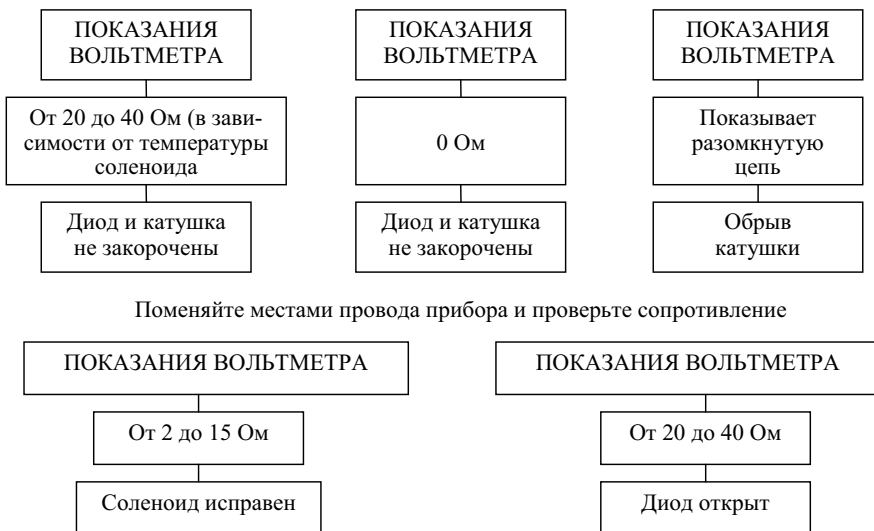
При использовании омметра так, как указано на схемах при проведении измерений внутри автомобиля необходимо иметь специальную перемычку из комплекта вспомогательного оборудования автомобиля.

Схема проверки соленоида муфты гидротрансформатора и диода приведена на рис. 4.64. В качестве примера использованы внутренние цепи муфты гидротрансформатора коробок передач компании «Дженерал Моторс». Имеются некоторые различия в цепях муфт разных коробок. При выполнении проверки следует обратиться за точными указаниями к инструкции по техническому обслуживанию.

**Коробки с компьютерной системой управления (ССС – computer command control) – модель 3Т40 (рис. 4.65). [11]**

1. При неработающем двигателе убедитесь в том, что переключатель третьей передачи разомкнут. Для этого подсоедините провода измерительного прибора к контактам А и D. Прибор должен показывать бесконечное сопротивление в обоих направлениях.

2. При работающем двигателе проверьте исправность диода, соленоида и переключателя третьей передачи. Для этого подсоедините положительный провод прибора к контакту А, а отрицательный провод – к контакту D.



**Рис. 4.64. Проверка соленоида и диода**

3. При приподнятых над землей ведущих колеса и включенной передаче разгоняйте обороты до тех пор, пока не включится третья передача. Показания вольтметра должны быть в диапазоне от 20 до 40 Ом.

4. Поменяйте местами провода, подсоединенные к контактам А и D. Сопротивление должно быть в диапазоне от 2 до 15 Ом.

5. Если вольтметр покажет бесконечное сопротивление при выполнении пунктов 3 и 4, возможно переключатель третьей передачи находится все время в разомкнутом состоянии и не замыкается.

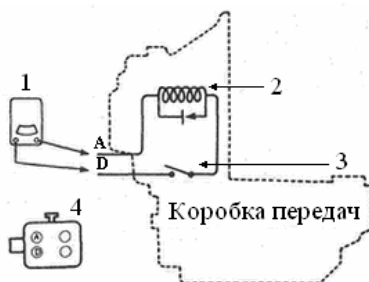
#### Коробки без компьютерной системы управления ССС – модель 4L60 (рис. 4.66).

1. При неработающем двигателе проверьте прохождение тока через соленоид, диод и переключатель 4-3 передач. Для этого подсоедините положительный провод омметра к контакту А, отрицательный провод – к «массе». После этого поменяйте провода местами и проверьте целостность диода.

2. Для проверки переключателя четвертой передачи ведущие колеса необходимо приподнять. Подсоедините прибор к контактам А и В и разгоните обороты до переключения с 3-й на 4-ю передачу. Показания омметра должны измениться от бесконечности почти до нуля.

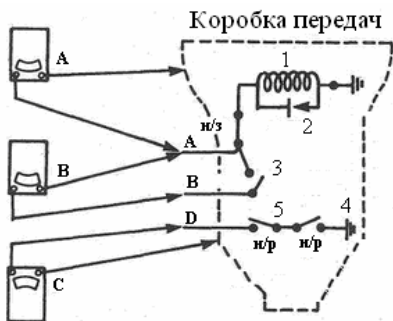
3. Подсоедините омметр к контакту D и «массе». Приподняв ведущие колеса, разгоните двигатель до срабатывания переключателей третьей передачи и муфты блокировки гидротрансформатора. Показания вольтметра должны измениться от бесконечности почти до нуля.

#### Коробки с электронной системой управления муфтой гидротрансформатора – модель 4Т60.



**Рис. 4.65. Схема проверки цепи соленоида и переключателя муфты гидротрансформатора коробки 3Т40 (125-С):** 1 – мультиметр; 2 – узел соленоидов; 3 – нормально разомкнутый переключатель 3-й передачи; 4 – штекер коробки передач

2. Для проверки переключателя четвертой передачи ведущие колеса необходимо приподнять. Подсоедините прибор к контактам А и В и разгоните обороты до переключения с 3-й на 4-ю передачу. Показания омметра должны измениться от бесконечности почти до нуля.

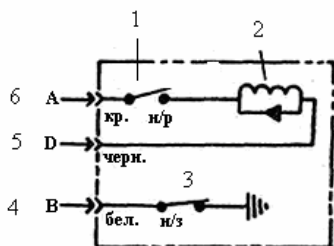


**Рис. 4.66. Схема проверки цепи соленоида и переключателя муфты гидротрансформатора коробки 4L60 (700-R4):**

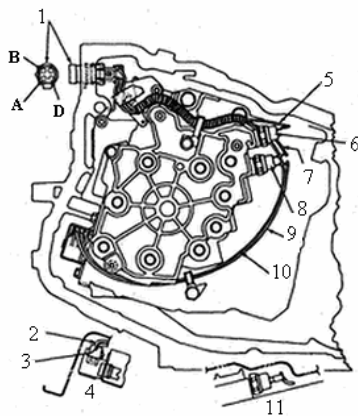
1 – узел соленоидов; 2 – импульсный переключатель 3-4-й передач; 3 – переключатель 4-й передачи; 4 – датчик давления муфты гидротрансформатора; 5 – переключатель фрикциона 3-й передачи; н/з – нормально замкнутый; н/р – нормально разомкнутый

На рис. 4.67 показана схема электрических цепей муфты гидротрансформатора широко распространенной модели коробки 4Т60 (440-Т4). Без дополнительных объяснений техник может при помощи вольтметра произвести проверку цепей.

Коробка передач 440-Т4 типы  
BU, BN, BA, BS, CW, BC, BX, CP



а



б

**Рис. 4.67. Местонахождение соленоида и переключателя муфты гидротрансформатора в коробке 4Т60 (440-Т4) и схема электрической цепи:**

а: 1 – фрикцион 3-й передачи; 2 – соленоид муфты гидротрансформатора; 3 – фрикцион 4-й передачи; 4 – от модуля ЕСМ; 5 – «масса» модуля ЕСМ; 6 – +12 В от тормозного переключателя; н/з – нормально замкнутый; н/р – нормально разомкнутый;

б: 1 – разъем (идентификационный цвет белый); 2 – линия х, положительный провод (белый с красной полосой); 3 – линия D, отрицательный провод (черный); 4 – узел соленоидов; 5 – линия В, датчик давления фрикциона 4-й передачи (идентификационный цвет белый); 6 – датчик давления фрикциона 4-й передачи; 7 – линия А, датчик давления фрикциона 3-й передачи (идентификационный цвет белый с красной полосой); 8 – датчик давления фрикциона 3-й передачи; 9 – линия х, соленоид муфты гидротрансформатора (положительный, идентификационный цвет белый с красной полосой); 10 – линия d, соленоид муфты гидротрансформатора (отрицательный, идентификационный цвет черный); 11 – датчики давления.

#### 4.5.7.5. Проверка соленоида

Даже после проверки электрической цепи соленоида, необходимо проверить его механическую работу. Чтобы получить доступ к соленоиду, снимите масляный поддон и выполните следующие действия:

1. Снимите соленоид муфты гидротрансформатора, не отсоединяя провода.
2. Установите специальный испытательный кабель, вставив один штекер в прикуриватель, а другой – в разъем на коробке передач, чтобы подать питание в цепь соленоида.

Подсоединяйте и отсоединяйте штекер, подавая к соленоиду сжатый 3. воздух под давлением от 34,5 до 69 кПа. Если соленоид уже остыл после контакта с горячей жидкостью, вы можете вдуть воздух ртом.

Если в коробке имеется переключатель третьей или четвертой передач, необходимо воспользоваться перемычкой, чтобы переключить переключатель.

Этот тест дает возможность проверить механическую и электрическую работу соленоида. Снятие соленоида помогает проверить его крепление и состояние уплотнительного кольца.

Иногда соленоид муфты гидротрансформатора заливает в закрытом положении, когда трансмиссионная жидкость достигает рабочей температуры. Это может привести к тому, что муфта гидротрансформатора не будет разблокироваться. Тогда при торможении с открытой дроссельной заслонкой двигатель будет работать с перегрузкой, почти глохнуть, еще до переключения на более низкую передачу. При проверке соленоида при относительно низкой температуре контрольный клапан обычно работает нормально. Для проведения полной проверки погрузите соленоид в воду с температурой близкой к точке кипения и выполните проверку снова. Контрольный клапан может закрыться и залипнуть в этом положении.

Будьте осторожны при проверке оснащенных диодами соленоидов при помощи внешней батареи. Если неправильно подсоединить батарею к проводам соленоида, внутренний диод может мгновенно выйти из строя. Для предупреждения повреждения диода рекомендуется вначале проверять его полярность стрелочным вольтметром.

При проверке соленоидов с помощью внешней батареи, проверяйте правильность полярности соединения. В противном случае диод выйдет из строя.

В заключение убедитесь в том, что блокировка гидротрансформатора происходит правильно. Если это не так, будет расходоваться больше топлива, а отсутствие разблокировки может повредить автоматическую коробку с повышающей передачей. На повышающей передаче обороты турбины гидротрансформатора примерно на тридцать процентов меньше, чем обороты ведомого вала коробки передач. В результате гидротрансформатор работает без остановки. Он почти все время работает в фазе усиления крутящего момента и выделяет слишком много тепла. Нормальное охлаждение не может справиться с перегревом, и трансмиссия саморазрушается. На случай поломки компьютера, в некоторых системах имеется дополнительный датчик температуры в качестве предохранительного устройства (рис. 4.68).

Работа муфты гидротрансформатора в основном происходит на высоких передачах.

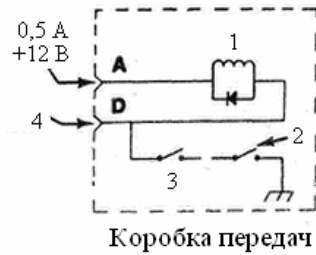
Таким образом:

1. Выпускаемые в настоящее время системы муфт гидротрансформатора обычно управляются модулем РСМ/ТСМ. Благодаря входным электрическим сигналам модуль определяет момент блокировки и разблокировки муфты.

2. При обнаружении сбоев в работе муфты следует произвести сканирование модуля РСМ/ТСМ на наличие кодов неисправностей. Если коды имеются, определите причину и произведите ремонт. Не забывайте, что неисправности двигателя могут оказывать влияние на работу муфты гидротрансформатора.

3. Диагностический штекер может использоваться для электрической проверки системы управления муфты гидротрансформатора. Если причина неисправности кроется в датчике давления или соленоиде, расположенном в коробке передач, извлеките деталь и проверьте ее вне коробки. Если деталь исправна, неисправность может быть в гидравлической системе коробки передач.

4. Поскольку имеется большое разнообразие электрических и гидравлических систем муфты гидротрансформатора, при диагностике неисправностей следует всегда пользоваться соответствующими инструкциями по техническому обслуживанию. Нормально работающая система муфты гидротрансформатора обеспечивает экономию топлива, уменьшает вредные выбросы в окружающую среду и помогает поддерживать требуемую температуру трансмиссионной жидкости.



**Рис. 4.68. Датчик-переключатель температуры жидкости, добавленный в цепь муфты гидротрансформатора для защиты коробки передач от перегрева:**

1 – соленоид муфты гидротрансформатора (нормально открытый канал жидкости); 2 – переключатель фрикциона 4-й передачи (нормально разомкнут); 3 – датчик температуры (нормально разомкнут); 4 – «масса» модуля РСМ

#### 4.5.7.6. Процессы диагностирования электронных систем управления коробками передач



**Рис. 4.69. Упрощенная блок-схема работы электроники**

Современные электронно управляемые коробки передач содержат большое количество датчиков и переключателей, соединенных с электрон-

ным модулем управления (PCM). Они располагаются в моторном отсеке, внутри коробки передач, а иногда и возле места водителя. Исполнительные устройства, управляемые электронным модулем, обеспечивают срабатывание фрикционов и тормозных лент. Работа всех этих устройств обеспечивает плавное и своевременное переключение передач (рис. 4.69). [11]



**Рис. 4.70. Алгоритм диагностирования**

Часто при обнаружении неисправности, автолюбители не начинают поиски причины с проверки переключателей и датчиков, считая их заведомо исправными. В результате при этом зачастую делаются неправильные выводы и заменяются исправные детали. Очевидно, что при анализе неисправности следует действовать систематически, шаг за шагом по выбранному алгоритму.

На рис. 4.70 приведена блок-схема поиска неисправности, представляющая собой диагностику. Перед тем, как переходить к последующему

шагу, необходимо завершить предыдущий. Далее приведено краткое описание каждого шага.

**1. Убедитесь в том, что неисправность действительно существует.** Определите, действительно ли имеет место неисправность. Соберите как можно больше информации о неисправности. Возможно для этого понадобится испытание автомобиля в движении на дороге.

**2. Выполните предварительные проверки.** Произведите визуальную проверку уровня жидкости и ее состояния, системы рычагов переключения, тросиков, проводов, вакуумных шлангов и компонентов, расположенных в моторном отсеке, это поможет в определении причины неисправности. Проверьте также двигатель в работе и воспользуйтесь сканером для считывания кодов неисправности.

**3. Воспользуйтесь литературными источниками информации.** Для определения неисправности воспользуйтесь уже собранной информацией, а также указаниями, которые содержатся в имеющейся у вас литературе.

**4. Выполните проверки, указанные в инструкции по техническому обслуживанию.** Воспользуйтесь заводской инструкцией по техническому обслуживанию и выполните указанные в ней проверки.

**5. Дальнейшие возможные пути диагностирования.**

**5А. Постоянные коды неисправностей.** Имеющиеся коды неисправности должны считываться, а затем нужно следовать указаниям, которые приводятся для этих кодов.

**5В. Нет кода.** Найдите соответствующий признак в инструкции по техническому обслуживанию или схеме поиска признаков и выполните соответствующие процедуры.

**5С. В инструкции по техническому обслуживанию нет соответствующего признака.** Проанализируйте работу узла, воспользовавшись электрическими схемами, гидравлическими схемами и схемами срабатывания соленоидов, фрикционных и муфт. Чем лучше вы будете понимать принципы работы электронно управляемых трансмиссий, тем проще вам будет найти неисправность. Почитайте литературу. Разберитесь, как работает система, чтобы понять, что же именно работает не так.

**5D. Перемежающиеся неисправности.** Эта категория неисправностей особенно сложно поддается диагностике и ремонту. Воспользуйтесь «указаниями по появляющимся и пропадающим неисправностям», если они у вас есть. Причиной перемежающихся неисправностей часто бывают неплотно подсоединенные разъемы, залипающие реле и соленоиды, плохая «масса», установка различных опций («наворотов»). При появлении неисправности в памяти может быть сохранен код неисправности, а при начале поиска неисправность может уже самоустраниться. Такие коды неисправности называются перемежающимися кодами. Для облегчения поиска проверьте, какие ремонтные работы выполнялись на автомобиле раньше.

**5Е. Системы работают как положено.** Если все узлы работают правильно, в ремонте нет необходимости.

**6. Снова выполните общую проверку.** Если не удастся изолировать причину неисправности, возвратитесь к началу процесса поиска.

**7. Отремонтируйте автомобиль и убедитесь в том, что неисправность устранена.** После ремонта автомобиля и сброса кодов неисправностей, испытайте его в движении на дороге и убедитесь в том, что после ремонта неисправность больше не появляется.

Определите устройства, являющиеся входными для электронного модуля, а также те устройства, которые являются выходными и управляются электронным модулем управления, это поможет вам разобраться в работе трансмиссии. При поломке датчика электронный модуль заменяет сигнал от него замещающим сигналом по умолчанию или сигналом от другого датчика. Замещающий сигнал используется в качестве резервного сигнала управления при отказе отдельных компонентов, что позволяет продолжать эксплуатацию автомобиля.

**Резервный сигнал управления при отказе отдельных компонентов** – замещающий сигнал, используемый блоком управления вместо сигнала от неисправного датчика. Это временный сигнал, обеспечивающий возможность эксплуатации автомобиля.

### **Контрольные вопросы**

1. Приведите основные компоненты систем управления АКП.
2. Приведите принципы работы блока управления АКП.
3. Какие компоненты системы управления АКП требуют аналогового сигнала?
4. Приведите примеры режимов и принципов работы АКП с обратной связью.
5. Какие основные узлы, которые могут быть причиной неисправности АКП?
6. Приведите примеры кодов неисправностей АКП и их причины.
7. Перечислите основные измеряемые величины электрических и электронных систем АКП.
8. Приведите перечень средств контроля и диагностирования АКП и их возможности в определении неисправностей АКП.
9. Какие существуют методы расшифровки кодов неисправностей?
10. Дайте общую характеристику бортовых систем самоконтроля АКП.
11. Приведите общин процессы и последовательность контроля и диагностирования АКП.
12. Приведите алгоритм поиска неисправностей АКП переднеприводных автомобилей.
13. С какой стороны подачи питания следует начинать контроль работы электрических и электронных систем АКП?
14. Как устроен диагностический штекер?
15. Как проверяют работу (диагностируют неисправности) соленоидов?
16. Приведите этапы процесса диагностирования электронных систем управления АКП.

## **4.6. Диагностирование трансмиссии по параметрам вибрации**

### **4.6.1. Классы вибрации машин и разрешающая способность метода**

**Исходное техническое состояние автомобиля** зависит от технического уровня проектирования и производства. А технический уровень проектирования определяет возможности диагностического обеспечения авто-

мобиля. Будет ли оно частичным или полным, с применением бортовой микропроцессорной системы и переносных средств диагностирования.

Рассмотренные методы контроля зазоров в коробке передач, в карданной и главной передаче являются интегральными и позволяют оценить общее техническое состояние элементов трансмиссии силовой передачи транспортной машины. Они не всегда дают точное представление о состоянии отдельных элементов в сопряжении деталей подшипниковых узлов и зубчатых передач. Средняя достоверность диагностирования этими методами составляет 0,65-0,7.

Определить общее техническое состояние, место и причину неисправности (отказа) элементов трансмиссии и прогнозировать техническое состояние с высокой достоверностью (до 0,95) можно вибрационными методами. Уровень средней достоверности (от 0,8 до 0,95) определяется видом неисправности, уровнем конструкторской и технологической разработки объекта и системы диагностирования. Уровень конструкторской и технологической разработки определяется исходными уровнями вибрации (1, 2, 3, 4) объекта диагностирования (рис. 4.71). [18, 19, 20]

На этом рисунке каждый класс выходных уровней вибрации В (1, 2, 3, 4) отображает технический уровень проектирования, оптимизации структурных, функциональных и динамических параметров узла, агрегата и комплектной машины. Очевидно, что в машинах и механизмах первого класса вибрации действуют малые энергетические уровни, что и отражает медленные деградационные процессы. Соответственно и расчеты надежности таких машин должны осуществляться по закономерным процессам старения материалов. А поскольку в агрегатах машин низкого технического уровня проектирования с уровнями вибрации класса 3 и 4 протекают преимущественно быстрые процессы изнашивания, то расчеты и прогнозирование надежности таких машин должно проводиться уже по другим расчетным моделям и с применением других материалов. Поэтому методы и периодичность диагностирования машин разного класса исходной вибрации будут разные.

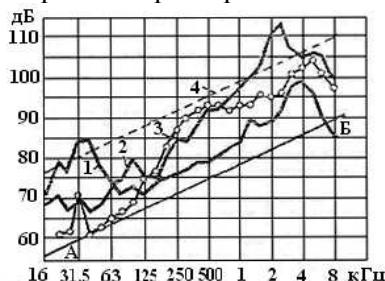


**Рис. 4.71. Классификация надежности ресурсных элементов проектируемых машин по классам вибрации**

На рис. 4.71 приняты следующие обозначения: 1-4 – классы вибрации отдельных узлов и комплектной машины, закладываемых на стадии проектирования; 20 дБ – предельное увеличение эксплуатационной вибрации машин для ресурсных элементов; 8 дБ – уровни превышения вибрации, которые определяют переход машины в другой класс технического состояния; В – выходные уровни вибрации машин

проектного состояния класса 1; Г – предельно допустимые вибрации ресурсных элементов в эксплуатации классов 1, 2, 3, 4; АБ – уровни допустимой вибрации.

Вибрационные характеристики транспортной машины являются комплексным показателем ее структурного, функционального и динамического состояния. Для примера на рис. 4.72 показаны фактические уровни вибрации агрегатов трактора Т-150К.



**Рис. 4.72. Максимальные значения уровней вибрации редуктора ВОМ (1), коробки передач (2), мостов (3) в составе трактора:**

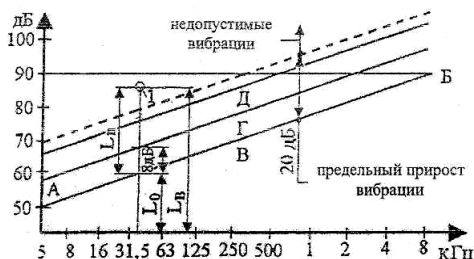
4 – предельные приращения вибрации 20 дБ над допустимой АБ в эксплуатации; выборка мостов – 33; коробок передач – 15; редукторов ВОМ – 6

Сравнение фактических уровней вибрации отдельных агрегатов 1, 2, 3 с допустимыми (прямая АБ на рис. 4.72) показывает, что агрегаты трактора находятся в разных исходных классах вибрации (рис. 4.73). За допустимые вибрации трактора типа Т-150К приняты значения равные 50 дБ на частоте 5 Гц и 90 дБ на частоте 10000 Гц (прямая АБ, рис. 4.72, 4.73). Уровни вибрации выше прямой АБ ускоряют процессы изнашивания, снижая технический уровень проектирования в прямой зависимости от величины превышения вибрации над прямой АБ. Запас работоспособности по классам вибрации В>2,5; Г=2,5-1,5; Д-1,5-0,2 (табл. 4.20). Так, переход в класс Г («хорошее качество проектирования») из класса В («отличное качество проектирования») приводит к увеличению вибрации на 8 дБ и потере 40% ресурса.

Таблица 4.20

### Оценка качества проектирования и доводки машин

Класс вибрации машин	Оценка качества проектирования	Значения уровней вибрации	«Запас работоспособности»	
			дБ	Коэффициент запаса на износ
-	Недопустимое	Больше $L_0+20$ дБ	Нет	Нет
Д	Допустимое	$L_0+(8-16)$ дБ	12-4	1,5-0,2
Г	Хорошее	$L_0+(1-8)$ дБ	20-12	2,5-1,5
В	Отличное	Меньше $L_0$	20	2,5



**Рис. 4.73. Диапазоны уровней вибрации машин:**

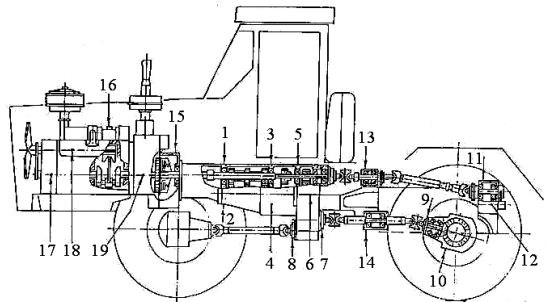
классы вибрации допустимой (В), нормальной (Г) и повышенной (Д); АБ – допустимые вибрации; 1 – текущее значение вибрации, возбуждаемой неисправностью;  $L_0$  – уровень допустимой вибрации машины на контролируемой частоте

При общем и углубленном вибрационном диагностировании трансмиссии и отдельных ее элементов принимается пропорциональная зависимость изменения эксплуатационной вибрации от изменения структурных параметров, частоты вращения и нагрузки деталей.

**Контрольные точки.** За диагностический параметр состояния принимают виброускорения в логарифмических значениях (дБ), возбуждаемые отдельными неисправностями (дефектами) или группой неисправностей механизма в контрольной точке на определенной частоте или группе частот вибрации (рис. 4.74, 4.75). Расчетные частоты, возбуждаемые неисправностями (дефектами) подшипниковых узлов, зубчатыми передачами и валами агрегатов представлены в табл. 4.21, 4.22. Фактические частоты вибрации элементов механических систем в низкочастотной области спектра вибрации до 1000 Гц практически совпадают с расчетными. Расчетные высокочастотные вибрации (более 1000 Гц) возбуждаемые, например, волнистостью дорожек качения подшипников, зубозацеплением высокоскоростных зубчатых передач, могут проявляться на собственных частотах колец подшипников, шестерни или корпуса подшипникового узла и агрегата. Найденный уровень виброускорений ( $f_m$ ), например, возбуждаемых подшипником ( $f_c$ ) в высокочастотной области соответствует частоте

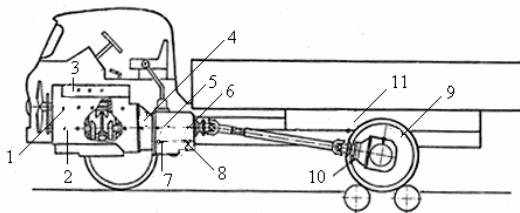
$$f_m = f_c \frac{1500}{n} \quad (4.1)$$

Фактическую частоту  $f_m$  не сложно и быстро можно определить методом ударного возбуждения подшипникового узла с применением узкополосного вибрoанализатора. [20, 21] Поэтому расчетные частоты вибрации, возбуждаемые неисправностями подшипников и зубчатыми передачами сложных механизмов в высокочастотной области уточняются экспериментально на стадии доводки конструкции и разработки технологии вибрационного диагностирования.



**Рис. 4.74. Места и точки измерения вибрации колесных тракторов:**

1-8 – коробки передач и раздаточной коробки; 9, 10 – мостов; 11, 12 – редуктора ВОМ; 13, 14 – опор карданных валов; 15 – сцепления; 16 – турбокомпрессора; 17, 19 – двигателя



**Рис. 4.75. Места контроля вибрации автомобиля**

На рис. 4.75 приняты следующие обозначения: 1 – зона поршней; 2 – подшипников; 3 – клапанов; 4 – сцепления; 5-8 – коробки передач; 6, 10 – карданной передачи; 9, 10 – главной пе-

**Собственная и вынужденная частоты колебаний деталей подшипниковых узлов и зубчатых передач**

№ п/п	Источник вибраций	Расчетная зависимость	Условные обозначения
1	Собственные колебания зубчатых колес в однопарном зацеплении	$f \approx 3,56 \cdot 10^4 \frac{\sqrt{1+u^2}}{d_2}$	$u$ – передаточное число зубчатой передачи; $d_2$ – диаметр начальной окружности колес
2	Собственные колебания зубчатых колес в двухпарном зацеплении	$f \approx 1,27f$	
3	Неуравновешенность вращающихся деталей, накопленная погрешность окружного шага зубчатых колес	$f_n = \frac{mn}{60}$	$m=1, 2, 3, \dots$ ; $n$ – частота вращения, мин <sup>-1</sup>
4	Неуравновешенность сепаратора при вращении внутреннего кольца	$f_1^I = \frac{n_e k_1}{60}$	$n_e, n_n$ – частоты вращения внутреннего и внешнего колец соответственно
5	Неуравновешенность сепаратора при вращении наружного кольца	$f_1^{II} = \frac{n_n k_1}{60}$	$k_1 = \frac{d_m - D \cos \alpha}{2d_m}$
6	Неуравновешенность сепаратора при вращении обоих колец в одном направлении	$f_1^{III} = \frac{(n_n - n_e) k_2}{60}$	$k_2 = \frac{d_m - D \cos \alpha}{2d_m}$
7	Неуравновешенность сепаратора при вращении обоих колец в разных направлениях	$f_1^{IV} = \frac{(n_n + n_e) k_2}{60}$	$d_m$ – диаметр центров тел вращения; $D$ – диаметры тел вращения; $\alpha$ – углы контакта с дорожками качения шарика или ролика; $z_T$ – число тел качения
8	Удары при прохождении телами качения зоны нагружения: - при вращении внутреннего кольца;	$f_2^I = \frac{n_e k_1}{60} z_T$	
	- при вращении наружного кольца;	$f_2^{II} = \frac{n_n k_2}{60} z_T$	
	- при вращении обоих колец в одном направлении;	$f_2^{III} = \frac{(n_n - n_e)}{60} z_T$	
	- при вращении обоих колец в разных направлениях.	$f_2^{IV} = \frac{(n_n + n_e)}{60} z_T$	

№ п/п	Источник вибраций	Расчетная зависимость	Условные обозначения
9	Неисправности тел качения: - при вращении внутреннего кольца; - при вращении наружного кольца; - при вращении обоих колец в одном направлении; - при вращении обоих колец в разных направлениях.	$f_3^I = n_e \frac{2d_m k_1 k_2}{D60} z_r k$ $f_3^{II} = n_n \frac{2d_m k_1 k_2}{D60} z_r k$ $f_3^{III} = (n_n - n_e) \frac{2d_m k_1 k_2}{D60} z_r k$ $f_3^{IV} = (n_n - n_e) \frac{2d_m k_1 k_2}{D60} z_r k$	
10	Импульсное и кинематическое возбуждение зубчатых колес	$f_z = mz \frac{n}{60}$	$m - 1, 2, 3, \dots; z -$ число зубьев
11	Колебания зубчатых колес с одним и более узловыми диаметрами: - при зацеплении с одним колесом; - при зацеплении нескольких колес; - при зацеплении нескольких колес, когда число полюсов есть произведение простых множителей $P=P'P''$ ; - при зацеплении нескольких колес, когда числа зубьев имеют общий множитель $\Delta$ ; - при пересопряжении зубьев колес планетарной передачи: а) для центрального колеса б) для эпицикла - при пересопряжении колес планетарных передач при $p$ полюсах зацепления: а) для центрального колеса б) для эпицикла	$f_{z1} = m \frac{n(z \pm l)}{60}$ $f_{z2} = m \frac{n(zp \pm l)}{60}$ $f_{z3} = m \frac{n(zp' \pm l)}{60}$ $f_{z4} = m \frac{n(z/\Delta - p \pm l)}{60}$ $f_{z5} = \frac{(n_1 - n_h)(z_1 \pm l)}{60}$ $f_{z6} = \frac{(n_1 - n_h)(z_3 \pm l)}{60}$ $f_{z7} = \frac{(n_1 - n_h)(p \pm l)}{60}$ $f_{z8} = \frac{(n_3 - n_h)(p \pm l)}{60}$	$l -$ число узловых диаметров; $p -$ число полюсов $n_1, n_2, n_h -$ частоты вращения, соответственно центрального колеса, эпицикла и водила; $z_1, z_3 -$ число зубьев, соответственно центрального колеса и эпицикла

№ п/п	Источник вибраций	Расчетная зависимость	Условные обозначения
12	Погрешности делительного механизма станка	$f_{д1} = mz_{д} \frac{n}{60}$ $f_{д2} = m(z_{д} - z) \frac{n}{60}$	$z_{д}$ – число зубьев делительного колеса станка
13	Составляющие кинематической погрешности	$f_z = mz \frac{n}{60}$	$n_j$ – частота вращения $j$ -го колеса; $m$ – частота проявления погрешности за оборот $j$ -го колеса

Таблица 4.22

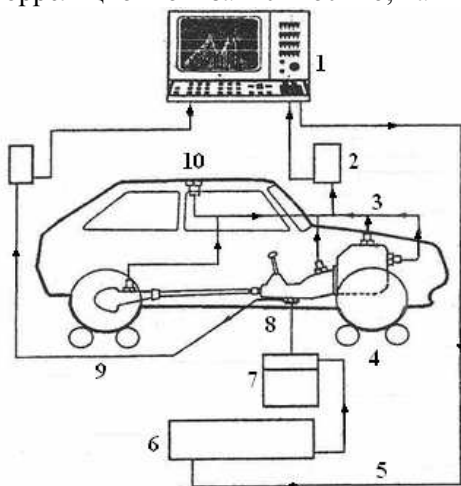
### Источники и частоты вибрации, возбуждаемые дефектами сборки и монтажа валов и агрегатов

№ п/п	Источники вибраций	Частота вибрации	Направление вибрации
1	Дисбаланс вращающихся деталей в опорах	$f_0$	В радиальном направлении в обеих опорах при статическом дисбалансе радиальные вибрации в опорах в противофазе при динамическом дисбалансе
2	Ослабление механических связей в сопряжении деталей	$0,5; 1,5; 2,5f_0$	Радиальное
3	Несоосность валов	$2f_0, 3f_0, 4f_0$	
4	Повреждение деталей муфт: - при расцентровке; - при несоосности в одном направлении; - при несоосности в двух направлениях;	$kf_0$ $2f_0$ $4f_0$	В осевом и радиальном направлениях. Уровень вибрации в осевом направлении больше радиальной вибрации
	- дефект пальцевой муфты; - дефект зубчатой муфты; - дефект шлицевых соединений	$z_n f_0$ $z_n f_0$ $z_{ш} f_0$	В радиальном
5	Овальность шеек валов	$2f_0$	В радиальном
6	Изгиб вала	$2f_0$	Радиальные составляющие в фазе, а осевые не в фазе

$f_0$  – частота вращения, Гц;  
 $z_n, z_{ш}, z_{ш}$  – количество пальцев муфты, зубьев муфты и шлицев соответственно

Использование современных виброанализаторов, компьютерных и микропроцессорных технологий (см. рис. 4.76) позволяет наблюдать в реальном времени и сопоставлять реакцию всех компонент структурных,

функциональных и динамических свойств механизмов машин, связанных корреляционной зависимостью, на изменение конструкции, технологии изготовления, рабочих процессов, режимов работы; быстро получать информацию о техническом состоянии; повышать точность диагноза и снизить трудоемкость доводки конструкции, ресурсных и эксплуатационных испытаний и диагностирования машин при изготовлении и эксплуатации.



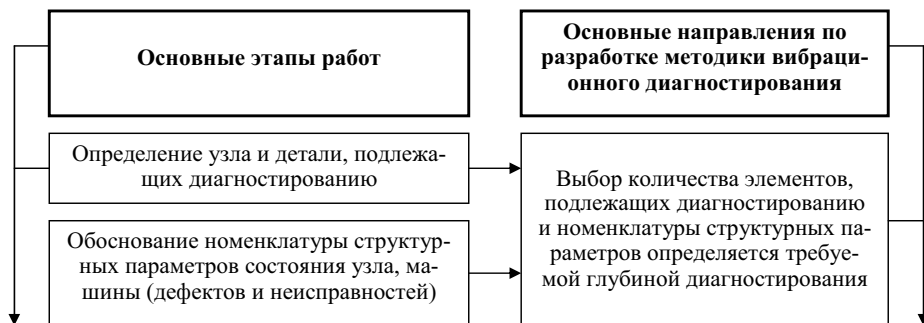
**Рис. 4.76. Система для комплексных исследований и диагностирования автомобилей:**

1 – двухканальный анализатор; 2 – усилитель-формирователь сигнала; 3 – сигнал реакции; 4 – испытательный стенд с беговыми барабанами; 5 – сигнал возбуждения; 6 – усилитель мощности; 7 – вибростенд; 8 – датчик силы; 9 – сигнал силы; 10 – перемещающийся акселерометр

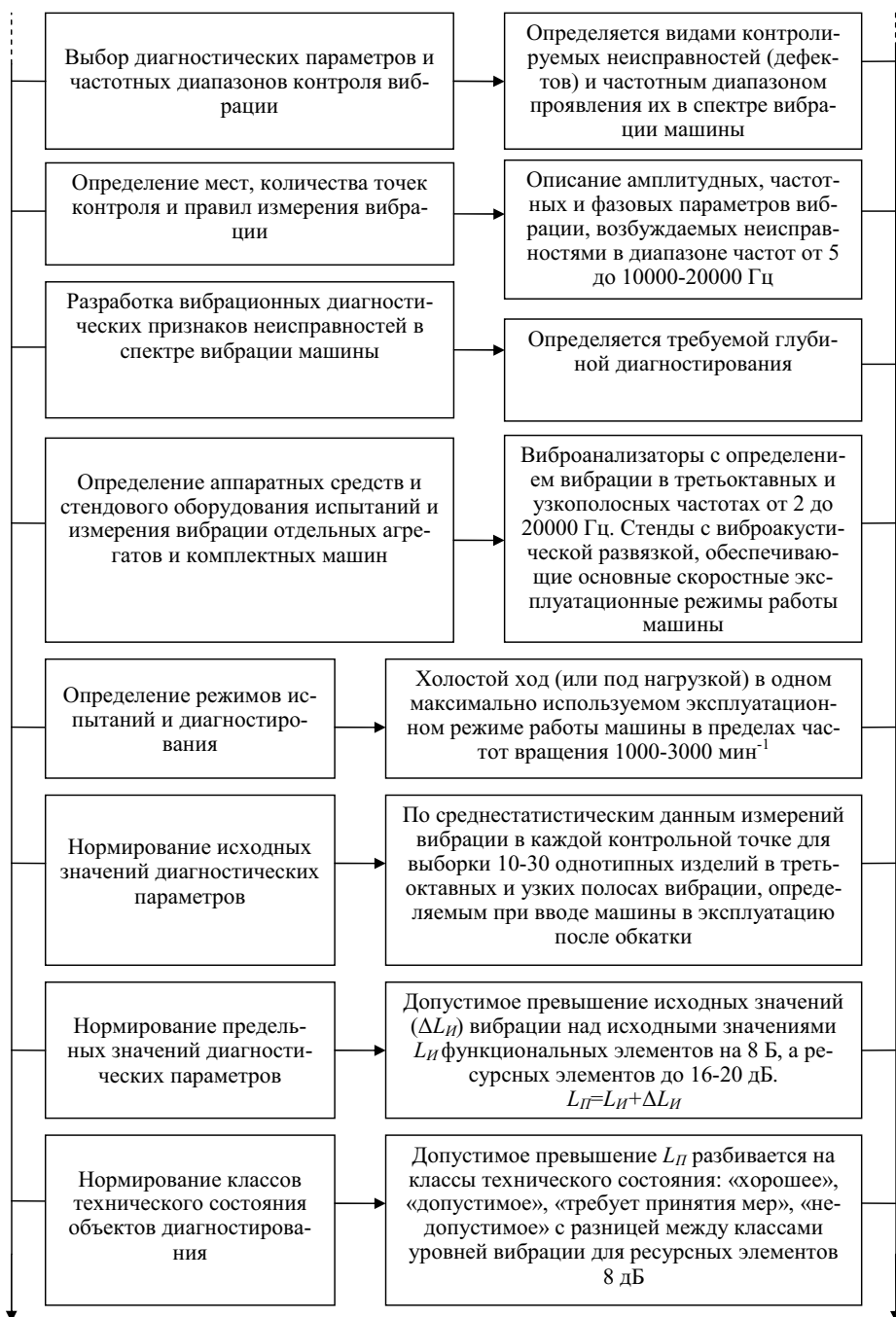
Для оценки состояния изделия при диагностировании могут быть использованы классы технического состояния эксплуатационной вибрации, теория распознавания образов, когда по параметрам вибрации или совокупности значений большого количества других параметров судят о принадлежности объекта испытаний к тому или иному классу технического уровня проектирования или технического состояния опытных образцов и эксплуатируемой машины

(см. рис. 4.71, 4.73).

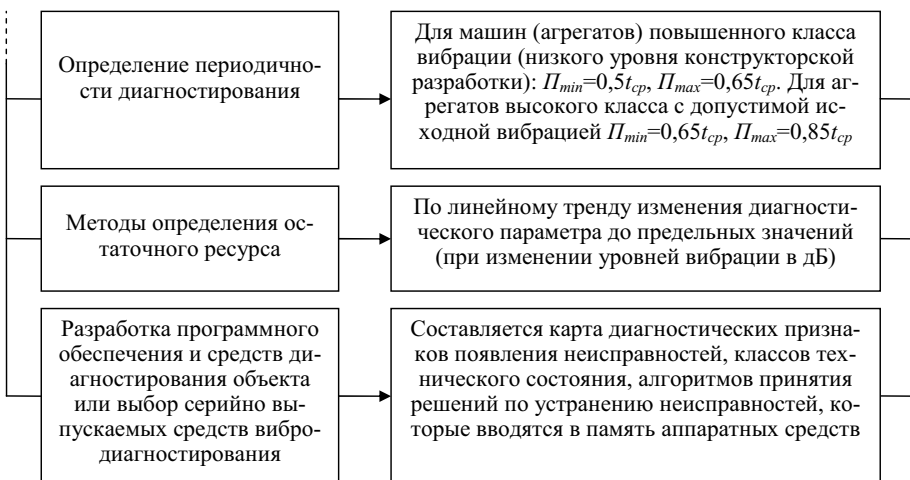
**Правила и последовательность разработки методики вибрационного диагностирования** механических систем транспортных машин показаны на рис. 4.77. На этой же схеме кратко приведены основные направления по разработке методики вибрационного диагностирования.



**Рис. 4.77. Структурная схема последовательности разработки методики вибрационного диагностирования технических систем транспортных машин**



Продолжение рис. 4.77

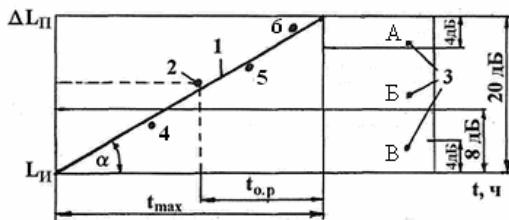


Окончание рис. 4.77

**Техническое состояние агрегатов машин определяется по трендовым характеристикам** изменения исходного диагностического параметра ( $L_{II}$ ) элемента, рис. 4.78. Прогнозирование остаточного ресурса ( $t_{o,p}$ ) в текущий момент (2) диагностического параметра сводится к экстраполяции найденного тренда (1) и определению момента его пересечения с линией предельного приращения вибрации  $\Delta L_{II}$  для функциональных элементов ( $\Delta L_{\phi}$ ) 8 дБ; для ресурсных элементов ( $\Delta L_{II}$ ) равно 16-20 дБ. На рис. 4.78 точкой 2 показаны текущие измеренные значения диагностического параметра, угол  $\alpha$  определяет скорость роста вибрации по времени наработки. Превышение исходной вибрации  $L_{II}$  на 4 дБ указывает на зарождающуюся неисправность, а превышение на 8 дБ – на переход ресурсного элемента в другой класс технического состояния. [19]

**Нормирование исходных значений диагностического параметра**

производится статистическими методами на основе обработки измеренной вибрации агрегата для каждой контрольной точки. Для категории механизмов, имеющих допустимые проектные вибрационные характеристики, верхние значения нормируемых исходных значений диагностического па-



**Рис. 4.78. График тренда (1) и классов (3) качественной оценки технического состояния элементов машин:**

$\Delta L_{II}$  – допустимое приращение эксплуатационной вибрации над исходной  $L_{II}$ ; 2 – точка текущего контроля вибрации;  $t_{o,p}$  – остаточный ресурс;  $t_{max}$  – максимальный ресурс;  $\alpha$  – угол наклона прямой тренда; 4-6 – измеренные значения вибрации; А – требует принятия мер; Б – допустимо; В – хорошо

параметра эксплуатационной вибрации зубчатых передач и подшипниковых узлов определяются по зависимости

$$L_{и} = \bar{L} + K\sigma, \quad (4.2)$$

где  $\bar{L}$  – средние арифметические значения вибрации выборки, дБ;  $\sigma$  – средние квадратические отклонения измеренной выборки;  $K$  – коэффициент для подшипников качения и высокоточных зубчатых передач равен 2.

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i, \quad (4.3)$$

где  $L_i$  – значение  $i$ -го измерения уровней вибрации,  $i=1, \dots, n$ ;  $n$  – величина выборки.

Средние квадратические отклонения для выборки  $n < 20$  получают из выражения

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}, \quad (4.4)$$

а при  $n > 20$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}. \quad (4.5)$$

Для категории механизмов машин низкого уровня проектирования класса 3, 4 (рис. 4.71) верхние значения нормируемых исходных значений диагностических параметров эксплуатационной вибрации определяются как среднестатистические значения из соотношения

$$L_{и} = \bar{L} + K\sigma - K_L\sigma_L, \quad (4.6)$$

где  $K$  – коэффициент, определяющий поле допуска, являющийся функцией надежности, случайности и объема выборки;  $\sigma$  – эмпирическое среднее квадратическое отклонение средних значений;  $K_L$  – коэффициент вибронагрузки в конкретной полосе частот,  $\sigma_L$  – среднее квадратическое отклонение от среднего арифметического значения вибрации заданной выборки.

В связи с отсутствием в настоящее время классификаций механизмов транспортных машин по категориям (классам) вибраций необходимо нормировать индивидуальные исходные значения диагностических параметров эксплуатационной вибрации на стадии ввода машин в эксплуатацию после обкатки. Индивидуальные исходные нормы вибрации определяются для каждой точки и, соответственно, для каждого источника вибрации по выражению

$$L_{и,э} = \bar{L}_э + 2\sigma_э, \quad (4.7)$$

где  $\bar{L}_э$  – средние арифметические значения вибрации не менее трех измерений каждого изделия в каждой контрольной точке;  $\sigma_э$  – средние квадратические отклонения измеренных значений вибрации.

**Предельные значения увеличения вибрационного параметра ( $\Delta L_{II}$ )** над исходными ( $L_{II}$ ) для ресурсных элементов подшипниковых узлов, зубчатых передач и валов получают из приведенных далее соотношений.

$$\Delta L_{II} = \frac{\delta_{II}}{\delta_I} = \frac{L_{II}}{L_I} = 8 \dots 10 \text{ раз}; \Delta L_{II} = \frac{L_{II}}{L_I} = 20 \lg 10 = 20 \text{ дБ} \quad (4.8)$$

В формулах (4.8)  $\sigma_{II}$  ( $L_{II}$ ) – зазоры (уровни вибрации) ресурсных параметров предельного состояния, а  $\sigma_I$  ( $L_I$ ) – исходного состояния.

Величина нормируемых предельных значений вибрационного диагностического параметра эксплуатационных норм вибрации определяется как алгебраическая сумма исходного уровня  $L_I$  и предельного приращения вибрации  $\Delta L_{II}$ :

$$L_{II} = L_I + \Delta L_{II} \quad (4.9)$$

Для диагностирования агрегатов трансмиссии разрабатывают шкалу качественной оценки технического состояния ее элементов (рис. 4.79). Для этого границу допустимых изменений эксплуатационной вибрации от исходного до предельного значения разбивают на классы вибрационного состояния: «хорошо», «допустимо», «требует принятия мер» с разницей интервалов между прилегающими областями в 8 дБ (см. рис. 4.79). Увеличение исходной вибрации на 4 дБ указывает на изменение вибрационного состояния – наличие зарождающейся неисправности, а увеличение на 8 дБ свидетельствует про изменения на уровне перехода механизма в другой класс технического состояния. Диагностирование вида неисправности и состояния механизма осуществляется методом сопоставления измеренных (текущих) значений вибрации с нормативными значениями классов технического состояния и предельных значений диагностических параметров (см. рис. 4.78, 4.79). [18]

Значение диагностических параметров и методы их определения, дБ	Диапазоны вибрации, дБ	Классы качественной оценки	
		технического состояния	регулируемых работ
<p> <math>\Delta L_{II}</math>              8 дБ  <math>\Delta L_{II}</math>              8 дБ  <math>L_{II}</math>              4 дБ              4 дБ  <math>L_I</math> </p>		Недопустимо	Недопустимо
		Треб. прин. мер	
		Допустимо	Допустимо
		Хорошо	
		Допустимо	Отлично
		Треб. прин. мер	
		Недопустимо	

**Рис. 4.79. Нормы вибрации и классы качественной оценки технического состояния ресурсных элементов**

Индивидуальные эксплуатационные нормы вибрации позволяют получить полную и достоверную исходную статистическую информацию о техническом состоянии механизмов трансмиссии по сравнению с проектными среднестатистическими нормами (2.2, 2.7), что позволяет также с большой достоверностью диагностировать и выходные данные о техническом состоянии. Здесь диагностирование по линейному тренду с использованием зависимостей 2.5-2.8 позволяет определить состояние «требуется принятия мер» (см. рис. 4.73, 4.78, 4.79).

На базе линейного тренда виброускорений (дБ) можно проводить экспресс-диагностирование максимального  $L_{max}$  и остаточного ресурса ( $t_{o.p.}$ ) при ограниченной информации – по результатам одного или двух измерений вибрационного параметра (рис. 4.80). Максимальный и остаточный ресурс механизма агрегата, при известных значениях  $L_{II}$  (2.6, 2.7) и  $L_{II}$  (2.8) и наработке элемента от начала эксплуатации (на момент диагностирования  $L$ ), можно определить по коэффициенту ( $\alpha$ ) скорости нарастания вибрации с помощью одного измерения вибрации (см. рис. 4.80).

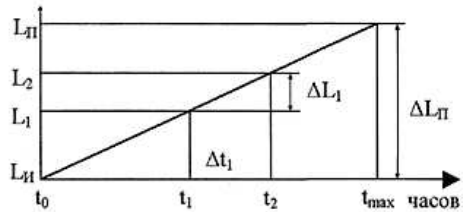


Рис. 4.80. График определения ресурса объекта диагностирования

Из рис. 4.80 получаем:

$$\alpha = \frac{L_1 - L_{II}}{\Delta L_{II}}; \quad t_{max} = \frac{t_1}{\alpha}; \quad t_{o.p.} = t_{max} - t_1 = t_{max} \frac{L_{II} - L_1}{\Delta L_{II}}. \quad (4.10)$$

При отсутствии данных о наработке элементов с начала эксплуатации необходимо провести два измерения  $L_1$  и  $L_2$  (см. рис. 4.80) через промежуток времени наработки  $\Delta t_1$ . Из рис. 4.80

$$\Delta L_I = L_2 - L_1; \quad \Delta t_1 = t_2 - t_1$$

$$\alpha = \frac{\Delta L_1}{\Delta L_{II}} = \frac{\Delta L_1}{20}; \quad t_{max} = \frac{t_2 - t_1}{\alpha} = \frac{\Delta t_1}{\alpha}; \quad t_2 = t_{max} \frac{L_2 - L_{II}}{20} \quad (4.11)$$

$$t_{o.p.} = t_{max} - t_2 = t_{max} - \frac{L_2 - L_{II}}{\Delta L_{II}} \quad (4.12)$$

Пример разработанной карты неисправностей, классов технического состояния и причины неисправностей главной передачи моста трактора Т-150К представлены в табл. 4.23. Точки контроля вибрации главной передачи показаны на рис. 4.81.

**Неисправности и классы оценки технического состояния главной передачи моста**

№ не- ис- прав- ности	Виды не- ис- правно- стей	Кон- тро- лиро- вание поло- сы час- тот, Гц	Классы техниче- ского состояния	Интенсив- ность vibra- ции, дБ, при частоте вра- щения веду- щей шестерни 2000 мин <sup>-1</sup>		Причина неисправ- ности
				точки кон- троля		
				1	2	
1	Погреш- ности зу- бозацеп- ления	300	Недопустимо Требуется принятие мер Допустимо Годно Хорошо	>107 107 103 95 87	>107 104 98 90 84	Износ зубьев, полом- ка зуба
2	Боковой зазор ме- жду зубь- ями шес- терен	600	Недопустимо Требуется принятие мер Допустимо Годно Хорошо	>107 107 103 95 87		Ошибка при сборке зубчатой передачи, изменение профиля зубьев в результате износа
3	Переко- с колец подшип- ников	1300- 1600	Недопустимо Требуется принятие мер Допустимо Годно Хорошо	>113 113 107 99 93		Образование ради- ального зазора и ос- лабление первона- чального натяга под- шипника
4	Раковины и трещи- ны на до- рожках качения подшип- ников	5000- 10000	Недопустимо Требуется принятие мер Допустимо Годно Хорошо	>116 116 112 102 96	>113 113 107 99 93	Выкрашивание от ус- талости дорожек и тел качения, ударные нагрузки подшипни- ков
5	Общее состояние главной зубчатой передачи	10- 1000	Недопустимо Требуется принятие мер Допустимо Годно Хорошо	>114 110 108 100 94		Износ зубьев, полом- ка зубьев, ослабление механических связей (расшатанность)
6	Общее состояние подшип- ников ка- чения	2000- 10000	Недопустимо Требуется принятие мер Допустимо Годно Хорошо	>123 123 119 103 103	Раковины на дорож- ках качения и роли- ках, износ дорожек и тел качения	

Достоверность диагностирования зубчатых передач и подшипниковых узлов вибрационными методами снижается по мере снижения класса вибрации проектируемых машин (рис. 4.71, 4.73). Для сложных механических

систем типа коробки передач и колесных редукторов классов вибрации 3 и 4 (рис. 4.71) для сохранения высокой достоверности определения предельного значения приращения эксплуатационной вибрации необходимо применять методы синхронного накопления амплитуд вибрации [12, 13], анализа энергетического спектра вибрации по огибающей, в области несущей частоты вибрации, возбуждаемой конкретной неисправностью. [18, 19]

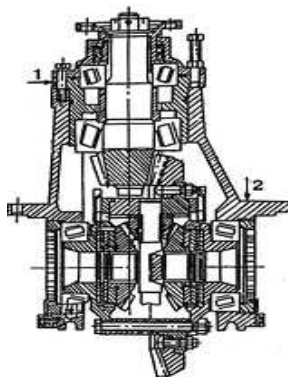


Рис. 4.81. Точки контроля вибрации главной передачи

#### 4.6.2. Пример лабораторной работы по диагностированию коробки передач автомобиля по параметрам вибрации

##### 1. Цель работы, объект и задачи диагностирования

**Цель работы:** освоить вибрационные методы диагностирования коробок передач автомобилей.

**Объект диагностирования:** коробка передач силового агрегата автомобиля ŠKODA OCTAVIA.

**Задачи:**

- изучить средства вибрационного диагностирования коробок передач силового агрегата;
- ознакомиться с правилами выбора контрольных точек измерения вибрации коробок передач;
- освоить методику оценки технического состояния коробки передач силового агрегата методом сравнения текущих значений вибрации в широкой полосе частот с нормативными значениями предельных параметров эксплуатационной вибрации.

##### 2. Средства и оборудование диагностирования

- 2.1. Вибропреобразователь РА-023.
- 2.2. Магнит для крепления вибропреобразователя в контрольной точке.
- 2.3. Виброанализатор «Кварц».
- 2.4. Кабель (экранированный) для соединения вибропреобразователя с виброанализатором «Кварц».
- 2.5. Компьютер.
- 2.6. Программное обеспечение «Диамант 2».
- 2.7. Стенд с беговыми барабанами.

Комплект средств измерения вибрации должен быть проверен органами Держстандарта Украины. Срок проверки средств измерения вибрации не должен превышать одного года.

### 3. Параметры и частотный диапазон измерений вибрации

3.1. Измерение вибрации производится по средним квадратическим значениям виброускорений в децибелах (дБ) в третьоктавных полосах частот.

3.2. За нулевой уровень вибрации принято ускорение, равное  $3 \times 10^{-4} \text{ м/с}^2$ .

3.3. Измерения вибрации производится в частотном диапазоне от 6,3 до 10000 Гц. В этом частотном диапазоне возбуждаются вибрации основных неисправностей зубозацепления зубчатых передач и подшипниковых узлов.

### 4. Места и точки контроля вибрации

4.1. Вибрации возбуждаемые дефектами и неисправностями зубчатых передач и подшипниковых узлов измеряются на корпусе в точке А в радиальном направлении к оси первичного вала.

4.2. Контрольная точка А вибрации коробки передач находится на корпусе опоры подшипников в месте максимальной жесткости корпуса (рис. 4.82).

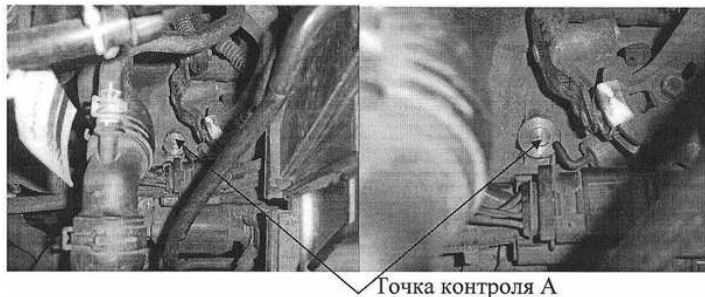


Рис. 4.82. Место и точки контроля вибрации коробки передач

### 5. Последовательность проведения диагностирования

5.1. Установить автомобиль ведущими колесами на стенд с беговыми барабанами.

5.2. Установить с помощью магнита вибропреобразователь РА-023 с кабелем в контрольную точку А.

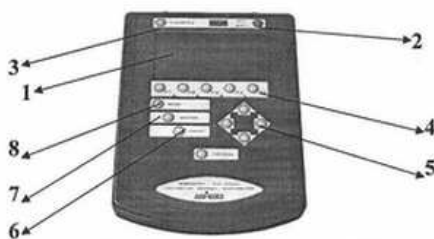
5.3. Подсоединить кабель вибропреобразователя к виброанализатору «Кварц».

5.4. Подготовить виброанализатор «Кварц» к диагностированию:

- включить кабель питания виброанализатора «Кварц» в сеть 220 В;

- включить питание виброанализатора (клавиша «Вкл»). После загрузки программного обеспечения на экране прибора появится заставка «Диамант 2»;

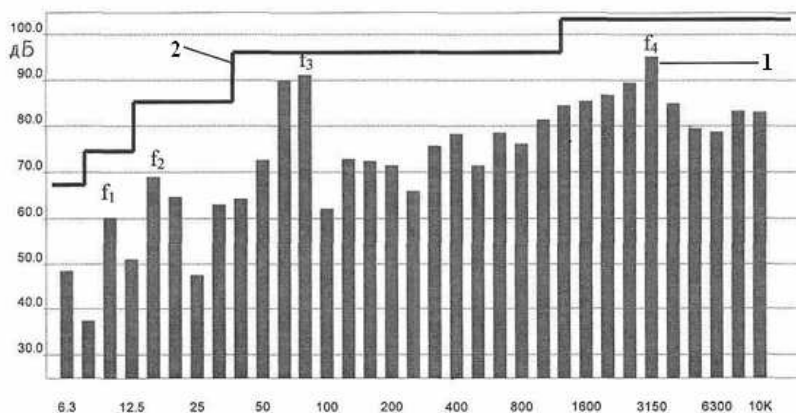
- для вхождения в основное меню прибора «Кварц» нажать кнопку «Ввод».



**Рис. 4.83. Лицевая сторона прибора «Кварц»:**

клавиши: 1 – экран прибора; 2 – ВКЛ/ВЫКЛ; 3 – ПОДСВЕТКА; 4 – программируемые функциональные клавиши F1, F2, F3, F4, F5; 5 – курсор/селектор меню; 6 – СБРОС; 7 – ЗАПИСЬ; 8 – ВВОД

5.5. Запустить автомобиль, включить вторую передачу и произвести обкатку в течении 10 минут.



**Рис. 4.84. Спектры вибрации коробки передач в контрольной точке А:**

1 – спектр текущих значений вибрации; 2 – спектр (маска) нормируемых предельных значений вибрации

5.6. Установить стабильную частоту вращения двигателя – 2000 мин<sup>-1</sup> и произвести измерения виброускорений коробки передач в точке А в диапазоне частот от 6,3 до 10000 Гц. Для этого:

- включить кнопку 8 (рис. 4.83) и войти в меню «Измерения»;
- выбрать пункт «Общий уровень»;
- записать текущий спектр вибрации (клавиша 7, рис. 4.83);

5.7. Оценить общее техническое состояние коробки передач путем сопоставления текущего спектров вибрации с нормативными приведенными

на рис. 4.84: определите источники неисправностей (частоты вибрации  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$ ), которые имеют минимальный запас ресурса.

### Контрольные вопросы

1. От чего зависят выходные уровни вибрации проектируемых машин?
2. Влияет ли класс вибрации машины (механизма) на методы и периодичность диагностирования?
3. Какая существует связь между изменением эксплуатационной вибрации и структурными параметрами машины?
4. Как можно определить частоту вибрации, возбуждаемой поломкой зуба шестерни?
5. Что такое тренд эксплуатационной вибрации и как его можно использовать для определения технического состояния объекта диагностирования?
6. Приведите основные типы разработки методики вибрационного диагностирования.
7. Как определить исходный уровень вибрации механизма заданной выборки?
8. Как определить предельное приращение эксплуатационной вибрации?
9. Как можно определить нормы классов эксплуатационной вибрации ресурсных элементов механизма?
10. Как можно по параметрам вибрации определить качество регулировочных работ?
11. По каким параметрам выбирают средства измерения вибрации?
12. Как определить места и точки контроля вибрации?
13. Как по спектру вибрации определяется запас ресурса коробки передач?

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

*Таблица 1*

### Возможные неисправности АКП 4Т40Е переднеприводного автомобиля

Признак неисправности	Проверить	Причина	
Высокое или низкое давление рабочей жидкости в главной магистрали (проверяется с помощью манометра). (Все переключения происходят грубо или слишком медленно)	Уровень рабочей жидкости	Слишком высокий или низкий уровень рабочей жидкости довести до нормы	
	Клапан регулятора давления пружины и бустерный клапан		Заедание клапана
			Утечка жидкости, повреждение уплотнительных колец
			Ослабление крепления разъема, повреждение штырьков
	Клапан регулятора по нагрузке (крутящему моменту) двигателя	Электروпроводку трансмиссии	Заедание клапана
			Ослабление крепления разъема, короткое замыкание
	Блок реле давления		Ослабление крепления разъема
			Повреждение или отсутствие уплотнительных колец
	Фильтр рабочей жидкости		Засорение или повреждение фильтрующего элемента, ослабление крепления фильтра
	Уплотнение фильтра		Утечка рабочей жидкости
	Трубопроводы теплообменника		Забивание проходного сечения или деформация трубопроводов
	Гидронасос		Поломка, заедание, пористость корпуса или утечки
	Вал привода гидронасоса		Поломка, заедание, пористость корпуса или утечки
Предохранительный клапан		Поломка пружины, отсутствие шарика	
Картер трансмиссии, панель управления трансмиссией, распределительную панель		Пористость картера, утечки из магистралей	
		Нарушение плоскостности проволочных поверхностей	
Грубое переключение передач	Давление в главной магистрали	Высокое давление рабочей жидкости	
	Шариковые обратные клапаны	Отсутствие, нет задержки включения	
	Демпферы включения передач		Заедание поршня или пружины, демпфер не работает
			Заедание клапана демпфера
Стопор корпуса и шариковый клапан в сборе		Закупоривание	

Признак неисправности	Проверить	Причина
Не включается передача заднего хода, буксование фрикционных узлов на передаче заднего хода	Фрикцион передачи заднего хода	Отсутствует включение, буксование
	Поршень в сборе	Заедание, наличие трещин, утечки рабочей жидкости
	Внутреннее уплотнение	Закупоривание отверстия
	Диски фрикциона	Износ накладок, поломка шлицевых зубьев
	Пружинное кольцо	Смещение из нормального положения
	Корпус	Наличие трещин, закупоривание магистралей, поломка лапок
	Стопор корпуса и шариковый клапан в сборе	Отсутствие или смещение из нормального положения
	Пружину	Заедание
	Магистрали подвода рабочей жидкости в поршневую полость фрикциона	Утечка жидкости или высокое сопротивление потоку жидкости
	Суппорт ведомой звездочки	Утечка через уплотнительные кольца
	Распределительную панель и прокладку, панель управления и прокладки	Наличие пористости, поломка или смещение из нормального положения
	Ленточный тормоз передачи заднего хода и 1-й передачи, сервоцилиндр	Наличие пористости, перетечка жидкости между каналами, смещение из нормального положения, поломка, высокое сопротивление потоку жидкости
	Поршень	Отсутствует включение, буксование
	Уплотнение поршня	Поломка, заедание
	Шток и пружину	Утечка рабочей жидкости
	Крышку сервоцилиндра	Заедание
	Тормозную ленту	Поломка, ослабление крепления, утечка рабочей жидкости
	Штифт	Поломка, износ, смещение из нормального положения
	Гидравлические магистрали	Поломка, деформация, закупоривание, отсутствие уплотнительных колец, утечки рабочей жидкости
	Картер трансмиссии, панель управления трансмиссией, распределительную панель	Пористость, утечки рабочей жидкости или высокое сопротивление потоку жидкости
Механический привод переключателя диапазонов	Отсоединение, смещение	
Золотник переключателя диапазонов	Отсоединение, смещение	

<b>Признак неисправности</b>	<b>Проверить</b>	<b>Причина</b>
Не включается передача заднего хода, буксование фрикционных узлов на передаче заднего хода <i>(продолжение)</i>	Шариковый обратный клапан № 1	Отсутствие
	Уровень рабочей жидкости	Низкий уровень
	Давление рабочей жидкости	Низкое давление
Не включается первая передача, буксование фрикционных узлов на первой передаче	Фрикцион передач переднего хода	Отсутствие включения, буксование фрикциона
	Поршень в сборе с уплотнением	Заедание, наличие трещин, утечки рабочей жидкости
	Внутреннее уплотнение	Закупоривание отверстия
	Диски фрикциона	Износ накладок, поломка шлицевых зубьев
	Пружинное кольцо	Смещение из нормального положения
	Корпус	Наличие трещин, закупоривание магистралей, поломка лапок
	Стопор корпуса и шариковый клапан в сборе	Отсутствие или смещение из нормального положения
	Пружины	Заедание
	МСХ торможения двигателем	Поломка, проворачивание
	МСХ 1-й передачи	Поломка, проворачивание
	Магистрали подвода жидкости к поршневой полости фрикциона передач переднего хода	Утечка жидкости или высокое сопротивление потоку жидкости
	Трубки подвода жидкости	Деформация, поломка, утечка через уплотнительные кольца, закупоривание
	Суппорт фрикциона передач переднего хода	Наличие пористости, утечка через уплотнительные кольца, повреждение или закупоривание магистралей
	Распределительную панель и прокладку, панель управления и прокладки	Наличие пористости, смещение из нормального положения, перетечка жидкости между каналами, высокое сопротивление потоку жидкости
	Блок реле давления	Негерметичность уплотнений блока реле давления
Золотник и механический привод переключателя диапазонов	Смещение золотника из нормального положения	
Гидротрансформатор	Проворачивание МСХ реактора гидротрансформатора	
Давление жидкости в главной магистрали	Низкое давление	

<b>Признак неисправности</b>	<b>Проверить</b>	<b>Причина</b>
Не включается 2-я передача, буксование фрикционных узлов на 2-й передаче	Фрикцион 2-й передачи	Отсутствие включения, буксование фрикциона
	Поршень в сборе с уплотнением	Заедание, наличие трещин, утечки рабочей жидкости
	Диски фрикциона	Износ накладок, поломка шлицевых зубьев
	Пружинное кольцо	Смещение из нормального положения
	Суппорт ведомой звездочки	Повреждение, утечка жидкости или наличие пористости
	Магистральи подвода жидкости к поршневой полости фрикциона 2-й передачи	Утечка жидкости или высокое сопротивление потоку жидкости
	Панель управления, прокладки и распределительную пластину; распределительную панель и прокладки; суппорт ведомой звездочки	Наличие пористости, смещение из нормального положения, ослабление крепления, перетечка жидкости между каналами, высокое сопротивление потоку жидкости
	МСХ 2-й передачи	Поломка, проворачивание Заедание во включенном положении, закупоривание
	Распределитель и золотник переключения передач 1-2	Заедание в положении 1-й передачи
	Давление жидкости в главной магистрали	Низкое давление
Не включается 3-я передача, буксование фрикционных узлов на 3-й передаче	Демпфер переключения передач 1-2	Утечка жидкости через уплотнения поршня Пористость распределительной панели или картера
	Распределитель и золотник демпфера 1-2	Заедание
	Фрикцион 3-й (прямой) передачи	Отсутствие включения, буксование фрикциона
	Поршень в сборе с уплотнением	Заедание, наличие трещин, утечки рабочей жидкости
	Диски	Износ накладок, поломка шлицевых зубьев
	Пружинное кольцо	Смещение из нормального положения
	Пружины	Заедание
Корпус фрикциона и входной вал	Повреждение, наличие трещин, закупоривание отверстий	
Стопор корпуса и шариковый клапан в сборе	Отсутствие или ослабление крепления	

Признак неисправности	Проверить	Причина
Не включается 3-я передача, буксование фрикционных узлов на 3-й передаче (продолжение)	Магистрали подвода жидкости в поршневую полость фрикциона 3-й передачи	Наличие пористости, смещение из нормального положения, ослабление крепления, перетечка жидкости между каналами, высокое сопротивление потоку жидкости
	Панель управления, прокладки и распределительную пластину; распределительную панель и прокладки; суппорт ведомой звездочки	Наличие пористости, смещение из нормального положения, ослабление крепления, перетечка жидкости между каналами, высокое сопротивление потоку жидкости
	Уплотнение суппорта ведомой звездочки	Утечка жидкости
	Входной вал	Негерметичность уплотнений Заедание в выключенном положении, утечки жидкости
	Распределитель и золотник переключения передач 2-3	Заедание
	Демпфер переключения передач 2-3	Утечка жидкости через уплотнения поршня Пористость распределительной панели или картера
	Распределитель и золотник демпфера 2-3	Заедание
	Шариковый обратный клапан № 5 (включение фрикциона 3-й передачи)	Отсутствие
	Давление жидкости в главной магистрали	Низкое давление
Автомобиль не трогается с места	Гидротрансформатор	Поломка монтажных выступов, разрушение сварных швов
		Срез крепежных болтов
		Износ шлицев вала турбины
		Поломка лопаток колес
		Трещины корпуса по сварным швам
	Вал турбинного колеса	Смятие или срез шлицев
	Гидронасос	Заедание или поломка пластин ротора
	Вал привода гидронасоса	Поломка, срез или смятие шлицев
Фильтр и уплотнение фильтра	Забивание, отсутствие	
Уровень рабочей жидкости	Низкий уровень рабочей жидкости	
Механический привод переключателя диапазонов	Отсоединение, смещение	

Признак неисправности	Проверить	Причина
Автомобиль не трогается с места ( <i>продолжение</i> )	Цепную передачу звездочки и цепь	Поломка
	Планетарную передачу	Поломка, отсутствие смазки
	Главную передачу	Поломка шестерен, отсутствие смазки
	Распределительную панель и прокладку	Повреждение, утечка жидкости, смещение из нормального положения
Ухудшение динамики автомобиля	Уровень рабочей жидкости	Низкий уровень жидкости
	Систему блокировки ГТ	Заедание во включенном положении или неполное выключение фрикциона блокировки ГТ
	Гидротрансформатор (ГТ)	Повреждение или засорение
Остановка двигателя	Систему блокировки ГТ	Заедание во включенном положении или неполное выключение фрикциона блокировки ГТ
	Распределитель управления фрикционом блокировки	Заедание в положении включения фрикциона
Включаются только 1-я и 2-я передачи	Распределитель и золотник переключения передач 2-3	Заедание в положении включения 2-й передачи
Включается только 3-я передача		Заедание во включенном положении, закупоривание клапана
Включается только 1-я передача		Заедание во включенном положении
Включаются только 2-я и 3-я передачи		Заедание в выключенном положении, утечка жидкости через клапан
Не включается диапазон Р (стоянка)		Механизм включения блокировки выходного вала
	Поломка или заедание пружины	
	Отсоединение штока от рычага стопора	
	Ролик и пружину	Ослабление затяжки болта
		Изгиб или повреждение
	Рычаг стопора	Повреждение, ослабление крепления (отсутствие штифта штока)
	Золотник переключателя диапазонов	Смещение из нормального положения, деформация привода рычага стопора
	Зубчатое колесо механизма блокировки	Повреждение зубьев или шлицев
	Стопор	Повреждение, поломка зубьев
Пружину стопора	Поломка, отсутствие смазки	
Привод механизма блокировки	Нарушение регулировки	
Шум скрежета зубьев	Стопор	Повреждение, ослабление или отсутствие возвратной пружины

Признак неисправности	Проверить	Причина
Неэффективное торможение двигателем на всех диапазонах	Фрикцион торможения двигателем	Отсутствие включения, буксование
	Поршень и уплотнение	Заедание, трещины, утечки жидкости
	Диски	Износ фрикционных накладок, поломка шлицев
	Пружины	Заедание
	Корпус фрикциона и входной вал	Повреждение, трещины, закупоривание каналов
	Стопор корпуса и шариковый клапан в сборе	Отсутствие или ослабление крепления
	Магистрали подвода жидкости к поршневой полости фрикциона Прокладки панели управления и распределительную пластину; распределительную панель и прокладку; суппорт ведомой звездочки	Пористость, смещение из нормального положения, ослабление крепления, сопротивление потоку жидкости, утечка жидкости между каналами
	Уплотнение суппорта ведомой звездочки	Утечка жидкости Негерметичность уплотнений
	Входной вал	Повреждение или смещение из нормального положения втулки
	Уровень рабочей жидкости и давление в главной магистрали	Низкое давление или уровень (см. пункт «Высокое или низкое давление рабочей жидкости в главной магистрали»)
	Распределитель и золотник переключения передач 2-3	Заедание золотника в положении 4-й передачи (отсутствие включения фрикциона торможения двигателем)
	Золотник переключателя диапазонов и его привод	Смещение из нормального положения
Неэффективное торможение двигателем на диапазоне 2	Фрикцион торможения двигателем	Отсутствие включения, буксование (см. пункт «Неэффективное торможение двигателем на всех диапазонах»)
Блок реле давления	Утечка жидкости, неработоспособность реле	
Неэффективное торможение двигателем на диапазоне 1	Фрикцион торможения двигателем	Отсутствие включения, буксование (см. пункт «Неэффективное торможение двигателем на всех диапазонах»)
Сервоцилиндр ленточного тормоза 1-й передачи и передачи заднего хода	Отсутствие включения, буксование (см. пункт «Не включается передача заднего хода», «Отсутствие включения ленточного тормоза 1-й передачи и передачи заднего хода»)	

<b>Признак неисправности</b>	<b>Проверить</b>	<b>Причина</b>
Неэффективное торможение двигателем на диапазоне 1 (продолжение)	Блок реле давления	Утечка жидкости, неработоспособность реле
	Шариковый обратный клапан	Отсутствие
Неэффективное торможение двигателем на диапазоне N	Фрикцион передач переднего хода	Не выключается
	Фрикцион передач заднего хода и сервоцилиндр ленточного тормоза 1-й передачи и передачи заднего хода	Оба фрикционных элемента не выключаются
	Золотник переключателя диапазонов и его привод	Смещение из нормального положения
Диапазоны не включаются	Золотник переключателя диапазонов и привод рычага стопора	Поломка, отсутствие Отсоединение от золотника переключателя диапазонов
	Фиксатор тяги золотника переключателя диапазонов	Отсоединение
	Золотник переключателя диапазонов	Заедание
	Механический привод переключателя диапазонов	Отсоединение
	Панель управления, распределительную панель и картер	Забивание гидравлических каналов
Индикатор положения селектора не соответствует выбранному диапазону	Привод индикатора	Нарушение регулировки Поломка, отсутствие
	Пружину и ролик стопора	Ослабление затяжки болта
	Золотник переключателя диапазонов	Отсоединение от рычага стопора
Утечки рабочей жидкости	Выполнить диагностику утечки рабочей жидкости	
Вспенивание рабочей жидкости	Рабочую жидкость	Попадание в рабочую жидкость охлаждающей жидкости двигателя
		Слишком высокий уровень рабочей жидкости
	Фильтр рабочей жидкости	Забивание
		Наличие трещин
	Уплотнение фильтра	Утечка жидкости
	Состояние двигателя	Перегрев двигателя
Состояние автомобиля	Перегрузка автомобиля	
Вибрация	Гидротрансформатор	Нарушение балансировки Поломка внутренних деталей
		Смещение из нормального положения
	Трансмиссия и двигатель	Нарушение балансировки
Выходной вал, полуоси	Износ или повреждение втулок	

Признак неисправности	Проверить	Причина
Вибрация (продолжение)	Вал турбины	Износ втулок Нарушение балансировки
На всех диапазонах воющий шум, который зависит от частоты вращения вала двигателя или исчезает при блокировке ГТ	Гидротрансформатор	Проверить, что источником шума является ГТ. Для этого при включенном диапазоне «D» нажать одновременно на тормозную педаль (левой ногой) и педаль акселератора и быстро заглушить двигатель. Шум ГТ возрастает при увеличении нагрузки на ГТ
Воющий шум высокого тона, который увеличивается при возрастании оборотов двигателя или чувствителен к величине давления рабочей жидкости	Гидронасос и его привод	Проверить, что источником шума является гидронасос (одновременно с проверкой давления в главной магистрали). Возрастание давления приводит к росту шума гидронасоса
Звук, похожий на потрескивание поджариваемых кукурузных зерен		Гидронасос работает в режиме кавитации, которая проявляется в наличии пузырьков на шупе
		Утечка жидкости через швы корпуса фильтра
		Повреждение или смещение из нормального положения сетчатого фильтра
Гул или дребезжащий звук высокого тона	Состояние трубопроводов теплообменника рабочей жидкости трансмиссии. Отсутствие касания трубопроводов с поверхностью радиатора и другими трубками	Проверить наличие колебаний давления рабочей жидкости по дрожанию стрелки манометра (могут потребоваться испытания автомобиля пробегом)
Воющий или грохочущий звук, усиливающийся в зависимости от скорости автомобиля; наиболее заметен при разгоне с небольшим ускорением	Узел цепной передачи	Проверить, что источником шума является цепь и/или звездочки. Для этого следует нажать левой ногой на тормозную педаль и перевести селектор из диапазона «D» в диапазон «R». Если шум прекратился, проверить следующее
	Цепь	Удлинение цепи

Признак неисправности	Проверить	Причина
Воющий или грохочущий звук, усиливающийся в зависимости от скорости автомобиля; наиболее заметен при разгоне с небольшим ускорением ( <i>продолжение</i> )	Ведущая и ведомая звездочки	Поломка или срез зубьев
		Выработка рабочей поверхности зубьев
		Выработка внутреннего кольца или тел качения игольчатого подшипника ступицы звездочки
	Суппорты ведущей и ведомой звездочки	Выработка наружного кольца игольчатого подшипника ступицы звездочки
Шум главной передачи (гул), наиболее сильно проявляется при разгоне с небольшим ускорением и/или при движении на повороте	Узел главной передачи	Износ сателлитов или шайб
	Шестерни (солнечная, сателлиты) главной передачи	Повреждение или износ зубьев
	Корпус дифференциала	
	Полуосевые шестерни дифференциала	
Шум трансмиссии на 1-й, 2-й, 3-й передачах	Солнечную шестерню главной передачи	Износ и усталостные разрушения зубьев шестерен
	Сателлиты главной передачи	Повреждение упорной шайбы
Шум трансмиссии только на некоторых диапазонах	С помощью таблицы включения фрикционных управляющих элементов проследить поток мощности через коробку передач в режиме работы с повышенным шумом и проверить механизмы, нагруженные на соответствующих передачах и диапазонах	Износ или повреждение шестерни (шестерен)
Перегрев рабочей жидкости	Гидротрансформатор	Поломка внутренних деталей
	Гидравлическую систему фрикциона блокировки ГТ	Утечка рабочей жидкости (см. гидравлическую схему системы управления трансмиссией)
	Гидрораспределители управления фрикционом блокировки	Заедание золотника в положении выключения фрикциона блокировки
	Уровень и давление рабочей жидкости	Низкий уровень или давление рабочей жидкости
Фрикцион блокировки ГТ не выключается	Гидротрансформатор	Поломка внутренних деталей
	Гидрораспределители управления фрикционом блокировки	Заедание золотника в положении включения фрикциона блокировки
Преждевременная блокировка гидротрансформатора до прогрева двигателя	Датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя	Нарушение нормальной работы

## Литература

1. Вахламов В. К. Автомобили. Основы конструкции: учебник / В. К. Вахламов. – 3-е изд. стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 528 с.
2. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 1. Дефекты и эксплуатационные неисправности / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 380 с.
3. Мигаль В. Д. Вибрация машин и ее диагностические признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: ХГПУ, 1997. – 262 с.
4. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 2. Диагностические параметры и признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 420 с.
5. Туревский Н. С. Техническое обслуживание автомобилей: Книга 1. Техника обслуживания и текущий ремонт автомобилей: учеб. пособие / Н. С. Туревский. – М.: ИД «ФОРУМ»-ИНФРА-М, 2007. – 432 с.
6. Кравченко В. М. Технічне діагностування механічного обладнання: монографія / В. М. Кравченко, В. А. Сидоров, В. Я. Седуш. – Донецьк: Тов. «Юго-восток ЛТД», 2007. – 447 с.
7. Мигаль В. Д. Влияние демонтажа подшипников качения с вала на его вибрационные характеристики / В. Д. Мигаль, И. Н. Гончаров, Н. П. Гаврилов // Вестник машиностроения. – 1981, №8. – С. 31-32.
8. Гаркунов Д. Н. Триботехника. Конструирование, изготовление, эксплуатация: учеб. пособие / Д. Н. Гаркунов. – М.: ИСХ, 2002. – 629 с.
9. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3 т. Т. 1. Объекты и методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 459 с.
10. Наглюк І. С. Концепція оцінки властивостей моторної та трансмісійної оливи транспортних машин за енергетичними параметрами: дис. доктора техн. наук: 05.22.20 / І. С. Наглюк. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 295 с.
11. Косенков А. А. Диагностика неисправностей автоматических коробок передач и трансмиссии / А. А. Косенков. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 224 с.
12. Мигаль В. Д. Методы технической диагностики автомобилей: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – М.: Форум, ИНФРА-М, 2014. – 416 с.
13. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 3. Методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 548 с.
14. Дашенко О. Ф. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля: навч. посібник / О. Ф. Дашенко, В. Г. Максимов, О. Д. Ніцевич та ін. За ред. М. Б. Копитчука. – Одеса: Наука і техніка, 2012. – 392 с.
15. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3 т. Т. 3. Практические основы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 444 с.

16. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 5. Средства диагностирования (Книга 2) / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 460 с.
17. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учеб. пособие в 3 т. Т. 2. Неисправности, параметры и средства диагностики / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 403 с.
18. Мигаль В. Д. Вибрация и надежность транспортных машин: монография / В. Д. Мигаль, В. М. Мищенко, В. П. Волков, С. А. Гаврилов, А. В. Мищенко. Под ред. В. Д. Мигалья. Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 383 с.
19. Мигаль В. Д. Вибродиагностика машин при эксплуатации / В. Д. Мигаль. – Х.: ХГПУ, 1997. – 262 с.
20. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 4. Средства диагностирования (Книга 1) / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 596 с.
21. Мигаль В. Д. Основи технічної діагностики автомобілів. Апаратні засоби вібраційного діагностування: навч.-методичний посібник / В. Д. Мигаль, І. А. Мармут. – Х.: ХНАДУ, 2009. – 124 с.
22. Смирнов Ю. А. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей: учебное пособие / Ю. А. Смирнов, А. В. Муханов. - СПб.: Изд-во «Лань», 2012. - 624 с.

## Предметный указатель

**CAN** 21, 22, 191, 211, 216

**kick down** 19, 29, 48, 51, 135, 136, 146, 153, 154, 158, 159, 168, 169, 170, 171, 184, 204, 214

**аварийный режим** 32, 206, 207

**авария** 58, 79

**блок управления:**

- ABS (АБС) 22, 191, 198, 211

- Mechatronik J743 24, 26

- Nissan RE4R01 193

- АКП 21, 22, 191, 192, 196, 197, 198

- двигателем 22, 23, 141, 157, 158, 160, 191, 192, 193, 196, 198, 211

- дроссельной заслонкой 23

- коробкой передач (КП) 24, 27, 141, 191, 210

- раздаточной коробки 22, 191

- сцеплением 35

- трансмиссией 165, 191, 193

- электронный (ЭБУ) 27, 29, 34, 35, 36, 37, 49, 77, 78, 93, 137, 138, 139, 142, 149, 154, 157, 158, 160, 161, 190, 191, 192, 193, 196, 197, 198, 206, 207, 209, 210, 211, 215, 219

**блокировка (блокирование):**

- гидротрансформатора (ГТ) 29, 30, 31, 137, 165, 174, 197, 209, 224, 231, 233, 260, 263, 264

- дифференциала 16, 23, 123

- колес 32

- привода 123

- пуска двигателя 148, 161

- рычага селектора 22, 191, 211

- стартера 170

- тягового усилия 172

**бринеллирование** 59, 60

**вибрация (вibrации)** 7, 43, 44, 46, 48, 49, 54, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 72, 73, 76, 86, 87, 93, 95, 97, 106, 110, 120, 125, 126, 129, 130, 133, 138, 139, 142, 143, 167, 172, 173, 174, 186, 187, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254

**виброанализатор** 99, 240, 243, 251, 252, 253

**виброизолятор** 43, 68

**виброускорение** 240, 249, 252, 253

**вискомуфта** 123

**выкрашивание** 59, 60, 71, 72, 94, 95, 101, 189, 250

**гидромуфта** 10, 103, 185

**гидротрансформатор** 21, 28, 29, 30, 31, 44, 48, 49, 93, 103, 135, 137, 138, 139, 142, 155, 159, 160, 163, 164, 165, 167, 172, 173, 174, 175, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 193, 198, 209, 222, 223, 224, 226, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 257, 259, 260, 262, 263, 264

**дешифратор** 30, 31

**дефектация** 64, 65, 98

**диагностический штекер** 217, 228, 234

**дифференциал** 16, 18, 22, 23, 46, 47, 67, 68, 73, 88, 122, 123, 128, 129, 166, 264

**дорожные испытания** 148, 149, 164

**дребезжание** 42, 43

**зазор**

- боковой 44, 70, 73, 74, 75, 86, 98, 99, 100, 101, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 166

- в зубозацеплении 44, 68, 102, 106, 110, 119, 122, 166, 250

- в подшипниках 98, 106, 131, 132, 133

- в шлицевых соединениях 107

- диаметральный 62

- начальный 133, 134

- осевой 73, 86, 95, 98, 122, 132, 134, 149

- посадочный 133

- радиальный 58, 64, 65, 73, 86, 95, 96, 97, 98, 110, 119, 120, 122, 125, 126, 127, 133, 134, 149, 250

- угловой 7, 86, 87, 92, 98, 99, 106, 107, 110, 120, 121, 122, 123, 124, 132, 149

**заклинивание** 41, 48, 49, 55, 56, 59, 60, 142, 143, 149, 163

**замыкание** 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 93, 145, 146, 147, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 220, 221, 224, 225, 226, 255

**карданный вал** 7, 15, 16, 67, 86, 87, 106, 107, 117, 121, 123, 129, 130, 131, 132, 139, 240

**коробка передач:**

- 02F 24

- 3T40 223, 230, 231

- 41TE 206

- 4HP22 33

- 4L60 231

- 4T60 231

- A4LD 176

- AOD 175, 181, 188

- ATX 176

- D085 24

- DW20 37, 143, 157, 198, 213, 214? 218
- GM 4L80-E 176
- HYDRA-MATIC 4T60-E 156, 157, 180, 181
- TORQUEFLITE A-413 159, 170, 183, 184
- АКП 09D 22
- автоматическая (АКП) 19, 21, 22, 37, 38, 48, 49, 50, 51, 77, 78, 92, 93, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 149, 150, 151, 153, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 170, 172, 175, 182, 190, 191, 192, 195, 196, 197, 198, 208, 209, 211, 214, 216, 218, 222, 223, 226, 233, 255
- без компьютерной системы управления 231
- бесступенчатая 38, 161
- вариаторная 161
- восьмиступенчатая 12, 18
- гидравлическая 44
- гидромеханическая 48
- двухступенчатая 12, 104
- дополнительная 12, 13, 45, 103, 104
- механическая 27, 28, 44, 57, 108, 210
- многоступенчатая 7
- с компьютерной системой управления 230
- с электронным управлением 139, 190, 191, 193, 198, 199, 211, 216, 222, 223, 231, 234, 236
- ступенчатая 12, 19
- трехступенчатая 168, 169, 170, 172, 175
- четырехступенчатая 12, 33, 37, 175, 181
- шестиступенчатая 22
- ЯМЗ-238А 13, 44, 45

**коэффициент полезного действия (КПД)** 14, 15, 17, 57, 86, 102, 103, 104, 138

**крутильные колебания** 8, 42, 92, 101, 108, 123

**крутящий момент** 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 27, 35, 50, 65, 66, 69, 70, 76, 87, 91, 92, 106, 118, 123, 135, 137, 142, 156, 158, 167, 173, 175, 177, 180, 182, 184, 185, 189, 233, 255

**люфтомер** 120, 121, 139, 149

**мост** 7, 12, 17, 18, 64, 72, 99, 103, 110, 120, 121, 122, 128, 139, 209, 239, 240, 241, 249, 250

### **неисправности:**

- автоматических коробок передач (АКП) 48, 49, 50, 51, 93, 110, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 153, 160, 198, 211, 214, 218, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264
- бортового процессора 77
- вариатора 161
- временные 83
- гидравлики 77, 78, 150, 160
- гидравлических клапанов 49
- гидромеханической КП 48
- гидротрансформатора 160, 173, 183
- главной передачи 73, 166, 249, 250
- ГМКПП 135
- двигателя 50, 159, 206, 212, 234
- дефектно ориентированные 82
- заднего моста 128, 129
- зубчатых передач 69, 74, 124, 125, 251, 252
- интегральных схем (ИС) 81
- карданной передачи 73
- карданных валов 129, 130
- компьютера 221
- константные 81, 82, 84
- контактные 84
- корпуса 179, 180
- крепления 65
- логические 79
- механической КП 44, 45, 46, 186, 211, 212, 216
- микропроцессоров 84
- мостиковые 82
- нетестируемые 83
- перемежающиеся 82, 236
- подшипников 58, 63, 76, 240
- подшипниковых валов 61
- приводного моста 72
- раздаточной коробки 128
- сборочных единиц 52, 53, 54, 55, 56
- свечей зажигания 160
- силового агрегата 148, 160
- силового регулятора 48
- синхронизаторов 44
- соленоидов 49, 78, 201, 202
- сопряжений 52
- структурные 79
- сцепления 41, 42, 43, 44
- термовыключателя 199
- типа «задержка» 82, 83
- транзисторные 83
- трансмиссии 38, 39, 40, 166, 167, 212
- трансмиссионных валов 76

- фрикционных 169, 171
- функциональные 79, 83, 84
- центростремительного регулятора 48, 178, 181
- ШРУС 186
- эксплуатационные 58
- электрических систем 77, 78, 79, 160, 198, 199, 204, 220, 222, 224
- электронных систем 77, 78, 142, 190, 198, 199, 204, 220, 222, 224

**несоосность** 56, 62, 70, 75, 76, 95, 243

**обрыв** 78, 79, 81, 82, 83, 93, 220, 223, 224, 225, 226

**память:**

- адаптивная 195, 198
- долговременная (ПРОМ, ППЗУ) 33, 174
- неисправностей 32, 209, 217, 236
- оперативная (ОЗУ) 33, 158, 194, 195
- постоянная (ПЗУ) 194, 196
- электронная 194
- энергонезависимая 194, 195

**передача:**

- гидравлическая 103
- гидромеханическая 27, 28, 31, 38, 110, 135
- главная 16, 17, 18, 21, 23, 38, 64, 73, 86, 87, 88, 99, 101, 103, 104, 110, 117, 120, 122, 123, 128, 134, 135, 139, 166, 176, 186, 196, 238, 248, 249, 250, 251, 260, 264
- дифференциальная 46
- заднего хода (задняя) 12, 13, 29, 32, 37, 41, 48, 158, 160, 167, 170, 171, 172, 175, 176, 184, 188, 206, 256, 257, 261, 262
- зубчатая 45, 46, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 77, 98, 100, 101, 102, 108, 119, 120, 124, 140, 238, 241, 247, 248, 250, 252
- карданная 14, 15, 38, 73, 86, 87, 99, 103, 106, 107, 110, 120, 121, 122, 129, 130, 131, 132, 238
- коническая 68, 74, 77, 99, 101, 102, 126, 127, 128
- крутильных колебаний 8
- крутящего момента 7, 8, 11, 14, 15, 21, 92, 123, 167, 173
- механическая 120, 121
- нейтральная 131, 170, 172, 183
- повышающая (повышенная) 49, 50, 51, 148, 168, 169, 171, 176, 178, 179, 180, 187, 206, 233

- понижающая (пониженная) 23, 29, 103, 136, 137, 139, 142, 148, 158, 159, 168, 169, 170, 178, 179, 203, 214
- планетарная 137, 175, 186, 187, 188, 242, 260
- прямая 103, 117, 166, 171, 181, 182, 188, 189
- ременная 87
- силовая 7, 99, 110, 120
- угловая 16
- цепная 87, 260, 263
- цилиндрическая 102, 126
- червячная 74, 99, 100, 101, 102,

**пневмоусилитель** 113, 115

**подшипник** 9, 13, 15, 18, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 72, 73, 75, 76, 77, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 106, 111, 112, 115, 120, 125, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 166, 186, 188, 189, 240, 247, 250, 252, 264

**преднатяг** 67, 88

**пробой** 78, 80, 83

**пробуксовка** 32, 35, 41, 43, 47, 48, 86, 90, 93, 110, 111, 117, 118, 143, 144, 148, 153, 159, 160, 163, 167, 169, 170, 171, 172, 177, 179, 180, 182, 183, 189

**программное обеспечение** 19, 84, 216, 251, 253

**раздаточная коробка** 12, 21, 22, 23, 38, 67, 88, 103, 104, 110, 128, 191, 198, 240

**регулирование (регулировка):**

- давления 24, 26, 147, 148, 158, 195, 201, 202, 214
- двигателя 34
- зацепления 74, 126, 127, 135
- ключа «нейтраль/запуск» 164
- механизма ГМП 137
- момента сцепления 34
- момента трения 35
- натяга 62, 63, 68, 134
- передаточного числа 14, 20, 37, 190
- переключения передач 48, 49, 128, 139, 149, 160, 222
- рулевого управления 77
- свободного хода педали 111, 112, 114, 115
- силы сжатия пружины 115
- скорости 23
- сцепления 26, 34, 91, 92, 113, 114, 115
- тормозного переключателя 223

- троса дроссельной заслонки 148, 155, 173, 222

- фрикционов 20

- числа оборотов 20, 155

**самоконтроль** 210, 211, 219

**сбой (сбои)** 49, 78, 79, 83, 93, 160, 205, 224, 227, 228, 234

**синхронизатор** 11, 12, 13, 44, 45, 46, 47, 55, 111

**стандарт:**

- 1010-E95 70

- DIN 3979 70

- ISO 9141 219

- ISO 9141-2 215

- ISO 10825 70

- ISO 14230-4 215

- OBD 215, 216, 228

- SAE/USF 66

- SAE J1850 VPW 215

- SAE J1850 PWM 215

- ГОСТ 520-71 65

- ГОСТ 520-89 65

- ГОСТ 1643-81 74

- ГОСТ 5208-69 133

- ГОСТ 9368-81 74

- ГОСТ 9774-81 74

- ГОСТ 10242-81 74

- ГОСТ 13506-81 74

- ГОСТ 16162-78 74

- ГОСТ 16502-70 74

- ГОСТ 16530-70 74

- ГОСТ 16531-70 74

- ГОСТ 18498-73 74

- ГОСТ 26899-86 140

- СТ СЭВ 186-75 74

- СТ СЭВ 311-76 74

- СТ СЭВ 641-77 74

**сцепление:**

- «мокрое» 7, 8

- «сухое» 7, 8, 9, 116

- автоматическое 19, 34, 35

- гидравлическое (с гидравлическим приводом) 8, 9, 10, 24, 25, 90, 91, 112, 115, 116

- двухдисковое 9, 10

- многодисковое 10

- однодисковое 9, 10, 116

- с механическим приводом 8

- электромагнитное 8, 11

- электромеханическое 8, 35

**тест:**

- гидравлический 150, 157, 158

- динамометрический 182

- функциональный 166

- экологический 217

**тестер(ы)** 21, 149, 155, 159, 169, 204, 212, 216, 217, 220, 223

**типы:**

- главных передач 17

- карданных передач 15

- коробок передач 12, 231

- мостов 17, 18

- раздаточных коробок 12

- систем трансмиссии 7

- сканеров 216

- сцепления 8, 10

- тестеров 216

- трансмиссий 7

**угловая скорость** 16, 73, 99, 103, 105, 106, 131, 186

**угловое ускорение** 86, 87, 138

**управление:**

- АТЕС 31, 32

- АБС 22, 77, 191, 211

- АКП 21, 37, 38, 190, 191, 192, 196, 198

- автомобилем 14, 18, 104, 194, 195, 211

- гидротрансформатором 209, 223, 226, 231, 234

- давлением 193, 195

- двигателем 19, 22, 23, 77, 141, 158, 160, 191, 192, 193, 194, 198, 204, 208, 211

- дроссельной заслонкой 23, 27, 41, 136, 137, 155, 177, 210

- коробкой передач (КП) 19, 22, 24, 27, 45, 137, 141, 204, 211, 216, 223, 234

- механическое 206, 207

- переключением передач 27, 48, 49, 136, 139, 149, 161, 180, 193

- подачей топлива 136, 137

- подвеской 77, 204

- положением педали 117

- раздаточной коробкой 22, 67, 191

- соленоидом 175, 223, 228

- сцеплением 8, 24, 25, 26, 33, 34, 35, 36, 77, 78, 142, 165, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 208, 210, 255, 256, 264

- фрикционом 20, 165, 260, 264

- электронное 27, 38, 48, 50, 51, 78, 135, 139, 142, 191, 196, 198, 211, 216, 222, 228

**фреттинг** 59, 60, 71, 76

**центробежный регулятор** 48, 49, 142, 149, 153, 154, 155, 156, 168, 169, 174, 177, 178, 179, 180, 181

*Учебное издание*

**МИГАЛЬ Василий Дмитриевич**

**ГАВРИЛОВ Сергей Алексеевич**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА  
ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Учебное пособие*

В авторской редакции

Технический редактор А. И. Жадан

Компьютерная верстка и дизайн обложки А. И. Жадан

Підписано до друку 03.12.2015. Формат 70х100/16.  
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 17. Наклад 300 прим. Зам. № 15-80.

Видання і друк ТОВ «Майдан»  
61002, Харків, вул. Чернишевська, 59  
Тел.: (057) 700-37-30

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців і розповсюджувачів  
видавничої продукції ДК № 1002 від 31.07.2002 р.