

Ю.Н. ШКЛЕВСКИЙ

**ДИЗЕЛЬНЫЕ
ДИЗЕЛЬНЫЕ
ДВИГАТЕЛИ**

**Электронная
система впрыска
высокого давления
VP44**

Рига - 2004

УДК 621.43
Ш 668

Книга представляет собой полное техническое руководство по устройству и обслуживанию электронной системы прямого впрыска топлива VP44 с цифровым управлением, разработанной совместно Bosch и Cummins. Система широко применяется с 2000 г. ведущими мировыми производителями на автомобилях, оснащаемых дизельными двигателями, обладающих высокой экономичностью и низкой токсичностью выхлопа при высоком давлении впрыска топлива. Для объяснения работы системы в книге содержится описание принципа действия основных узлов топливной системы и электронных компонентов в зависимости от эксплуатационных параметров. Большое значение в описании уделено выполняемым функциям, а также форме и параметрам электрических сигналов управления, прохождению сигналов по электрическим управляющим цепям электрооборудования, назначению и функционированию датчиков и исполнительных механизмов. Для выполнения ремонтных работ электрооборудования приведены основные контролируемые параметры и диагностические коды неисправностей. Представленная в книге информация позволяет проводить диагностирование дизельных систем управления повышенной сложности при помощи универсальных и доступных измерительных средств.

Книга предназначена для специалистов, занимающихся диагностированием и обслуживанием современных систем автомобилей, а также для студентов и учащихся, изучающих устройство и управление двигателей внутреннего сгорания.

ISBN 9984-19-615-1

Авторское издание

Регистрационное удостоверение ВС Nr.:0001947

Юрий Николаевич Шклевский

Дизельные двигатели. Электронная система впрыска высокого давления VP44. — Рига: Авт. изд., 2004. — с, 131 ил.

© Jurijs Škļevskis 101245-12956, 2004.

© Юрий Шклевский, 2004. Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, если на то нет письменного разрешения автора.

От научного редактора

Дизельные двигатели на мировом автомобильном рынке занимают устойчивые позиции, приближаясь к рубежу 50% от общего количества выпускаемых автомобилей. Чтобы конкурировать с постоянно совершенствующимися бензиновыми двигателями, а по отдельным показателям и превосходить их, современные дизели оснащаются принципиально новыми системами впрыска. В этих системах впрыск топлива в цилиндры двигателя производится под высоким давлением, что потребовало от разработчиков топливной аппаратуры применения новых подходов в конструировании гидромеханических устройств в целях обеспечения их быстродействия и высокой точности. Реализация этих требований возможна только с применением электронных цифровых микропроцессорных систем управления, собирающих подробную информацию о состоянии двигателя во время эксплуатации и управляющих по программам всеми исполнительными механизмами, обслуживающими рабочий процесс дизеля и вспомогательные системы. Микропроцессорные электронные системы, обеспечивающие функционирование разнообразных по назначению устройств, на современном этапе составляют новое поколение систем управления двигателями.

Книга «Дизельные двигатели. Электронная система впрыска высокого давления VP44» впервые на русском языке содержит описание системы впрыска VP44, являющейся последней разработкой Bosch и обеспечивающей жёсткие требования стандартов Euro IV по токсичности и топливной экономичности. Книга предназначена для работников автосервисов всех уровней, работающих или собирающихся работать с цифровыми электронными системами управления, с творческой стороны она заинтересует студентов высших учебных заведений и учащихся профессионально-технических училищ, изучающих устройство и принцип действия систем управления двигателями, а также топливных и вспомогательных систем дизелей.

Основное достоинство книги заключается во всестороннем описании в доступной форме конструктивных особенностей, работы и взаимосвязи как механических, так и электронных компонентов системы управления, что является необходимым условием в изучении современных систем управления двигателями. Достаточность условий для изучения системы и возможности выполнения ремонтно-диагностических работ гарантируется приведенными техническими справочными характеристиками и электрическими параметрами на большинство датчиков и исполнительных устройств. В существующем потоке информации, несмотря на обилие разнообразных сведений о системе VP44, отсутствует исчерпывающее систематизированное и фундаментальное пособие по принципам работы, устройству и диагностированию системы впрыска высокого давления. На предприятиях автомобильного сервиса, в технических библиотеках и в Internet`е сбор сведений о современных системах впрыска дизельных дви-

гателей практически невозможен из-за отсутствия, либо из-за разрозненности доступных описаний.

Представленная специалистам книга может вызвать их интерес благодаря стремлению автора обеспечить максимальную информативность по системе VP44. С этой целью в приемлемой форме для не имеющих специального образования по электронным системам специалистов приведены параметры электрических цепей, направление прохождения электрических сигналов и управляющих команд, необходимые осциллограммы и диагностические таблицы, что делает доступной для изучения сложную в техническом отношении цифровую систему управления. Так как автор ставил перед собой задачу ознакомления специалистов с одной из систем управления дизелями, то предложенная им книга, являясь полноценным руководством по устройству и диагностированию системы VP44, не претендует на всеобъемлющую полноту.

Авиационный институт
Рижского технического университета.
Хабилитированный доктор технических наук,
ассоциированный профессор

М.Д. Банов

Введение

Европейские дизельные двигатели.

С конца 90-х годов началось более широкое применение дизельных двигателей в легковых автомобилях. Внедрение дизельных двигателей сопровождается интенсивными разработками в области повышения чистоты дизелей и предполагается к 2005 году вывести дизельные двигатели к уровню бензиновых. В этом случае у дизельных двигателей будет отмечаться относительное преимущество, связанное с более низким содержанием токсичных веществ в выхлопных газах, в первую очередь окиси углерода CO.

В настоящее время производство дизельных двигателей для легковых автомобилей и легких коммерческих автомобилей приближается практически к половине от общего объема всех двигателей. Это соотношение достигается за счет внедрения современных систем впрыска топлива, отвечающих требованиям жестких стандартов по токсичности и топливной экономичности. Впрыск топлива в современных дизелях производится под высоким давлением, при котором достигается дробление топлива до атомарного уровня. Высокая степень дробления топлива во время впрыска обеспечивает снижение задержки воспламенения и более полное сгорание топлива, при которых значительно понижается содержание токсичных веществ в выхлопе. Совершенствование рабочего процесса дизелей на современном этапе заключается не только в применении качественно новых систем топливоподачи и дальнейшем их развитии, но и в разработке и внедрении принципиально новых для двигателей вспомогательных систем, обеспечивающих наилучшие условия для образования горючего заряда и дожигания несгоревших продуктов выхлопа. В текущем десятилетии на дизельных двигателях следует ожидать широкое применение:

- систем впрыска Common Rail;
- систем впрыска под высоким давлением VP44;
- новых процессов сгорания (например, воспламенение от сжатия гомогенного или однородного заряда);
- систем управления воздушным потоком на впуске или систем с управляемыми фазовращательными механизмами (системы с управляемым подъемом клапанов, системы с управляемым моментом открытия впускных клапанов и комбинированные фазовращатели);
- замкнутых системы рециркуляции выхлопных газов;
- систем рециркуляции выхлопных газов с последующим дожиганием выхлопа для понижения уровня окислов азота NO_x и снижения содержания корпускулярных частиц;
- систем подачи топлива под высоким давлением с индивидуальными для цилиндров насос-форсунками или насосными секциями высокого давления.

Дизельные двигатели на рынке автомобилей занимают всё более устойчивые позиции. Тенденция изменения соотношения между различными двигателями на европейском рынке приведена на рис. 1. Представленная диаграмма выполнена на основании разработок ведущих производителей и исследователей двигателей и систем управления AVL, Bosch, CMT, Centro Ricerche Fiat, Daimler Chrysler, VKA.

На диаграмме приведены условные обозначения двигателей и топлив [1], принятые в английской терминологии:

MPI - системы электронного многоточечного прерывистого впрыска топлива (Multy-Point Injection);

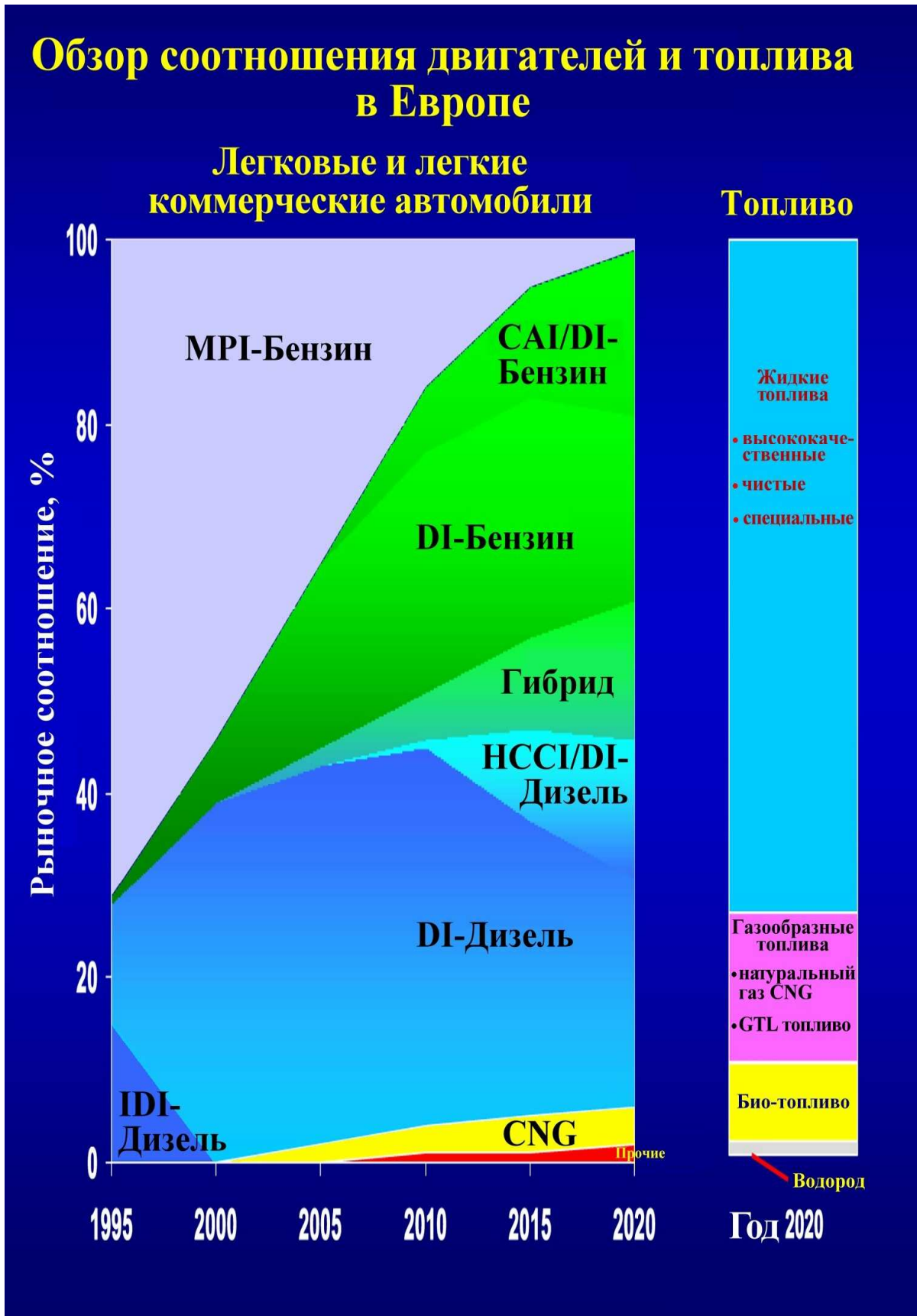


Рис. 1. Изменение рыночного соотношения двигателей для легковых автомобилей.

CAI - согласно классификации API (American Petroleum Institute) двигатели, работающие на обедненных смесях, широко применявшихся в конце 40-х, 50-х годов, и оснащенные системами управления воспламенением (Controlled Auto Ignition);

DI - прямой (непосредственный) впрыск топлива (Direct Injection). В двигателях DI-дизель преимущественное применение будет принадлежать системам впрыска под высоким давлением Common Rail, VP44 и насос-форсункам;

HCCI - двигатели, в которых процесс сгорания представляет собой гибрид традиционного искрового зажигания (как в бензиновых двигателях) и воспламенения от сжатия (как в дизельных двигателях). Горючий заряд составляет однородная по химическому составу топливовоздушная тощая смесь (Homogeneous Charge Compression Ignition).

CNG - сжатый натуральный газ (Compressed Natural Gas);

GTL – синтетическое топливо (GT-топливо), получаемое согласно технологиям преобразования натурального газа в светлые жидкости. GT-топливо по своим свойствам соответствует углеводородным топливам бензину, керосину, дизельному и нефтяному топливам и является универсальным топливом, применимым к широкому многообразию инжекционных конфигураций дизельных и бензиновых топливных систем (Gas To Liquids);

IDI - системы косвенного (непрямого) воспламенения (Indirect Injection).

Двигатели HCCI, CAI, Fuel Cell и гибридные составляют семейство альтернативных двигателей, способных в будущем составить конкуренцию стандартным видам двигателей внутреннего сгорания. Среди топлив к альтернативным видам относятся натуральный газ, водород, GT-топливо, био-топливо. Промышленное производство и выход на рынок GT-топлива предполагается, начиная с 2005 года, водорода и био-топлива не ранее конца второго десятилетия. Газообразное топливо имеет собственную историю применения в транспортных двигателях и применяется как промежуточный вид между бензином и дизтопливом.

В ближайшее будущее согласно прогнозам не ожидается отдачи предпочтения одному из видов двигателей, так как каждый из них имеет свои сильные и слабые стороны.

Дизельные двигатели обладают высокой экономичностью и более высокими мощностными показателями, но требуют дополнительного оснащения для приведения содержания окислов азота NO_x и дымности выхлопа до допустимых уровней.

Бензиновые двигатели более чище дизельных, отвечают высоким требованиям по эмиссии топлива, но при обязательной обратной связи подачи топлива с содержанием окислов углерода CO в выхлопных газах.

Гибридные двигатели представляют собой совместное применение двигателей внутреннего сгорания с электрическими приводами трансмиссии, чем понижается уровень вредного воздействия на окружающую среду, при этом требуются дополнительные материальные затраты на аккумуляторы как накопители электроэнергии и дополнительное электрооборудование.

Газовые двигатели можно рассматривать как промежуточный вариант между бензиновыми и дизельными двигателями, но они уступают по мощностным и скоростным показателям, дополнительно газовый автомобиль теряет часть полезной грузоподъемности.

К прочим двигателям относятся в первую очередь двигатели, в которых источником энергии является топливный элемент Fuel Cell, представляющий собой гальванический элемент, в котором окисление топлива (метанола) используется для выработки электроэнергии. Использование топливных элементов связано с высокой себестоимостью автомобиля, проблемами создания специальной инфраструктуры и безопасного хранения топлива.

Свойства двигателей внутреннего сгорания ДВС (ICE), бензиновых и дизелей, обеспечивают им доминирование на рынке двигателей в течение последующих 30...50 лет. Альтернативные им двигатели способны обогатить рынок, но вследствие нетехноло-

гичности изготовления они не способны заменить в ближайшее время ДВС. В будущем гибридные двигатели, топливные ячейки, газовые и водородные двигатели могут составлять долю в общем объеме двигателей в крупных городах, в коммерческих целях и среди специальных двигателей. Автомобилям, в которых в качестве возможного источника энергии является топливная ячейка, предстоит еще достаточно продолжительный путь развития, чтобы по технологичности и себестоимости изготовления стать конкурентоспособными с ДВС.

Глава 1

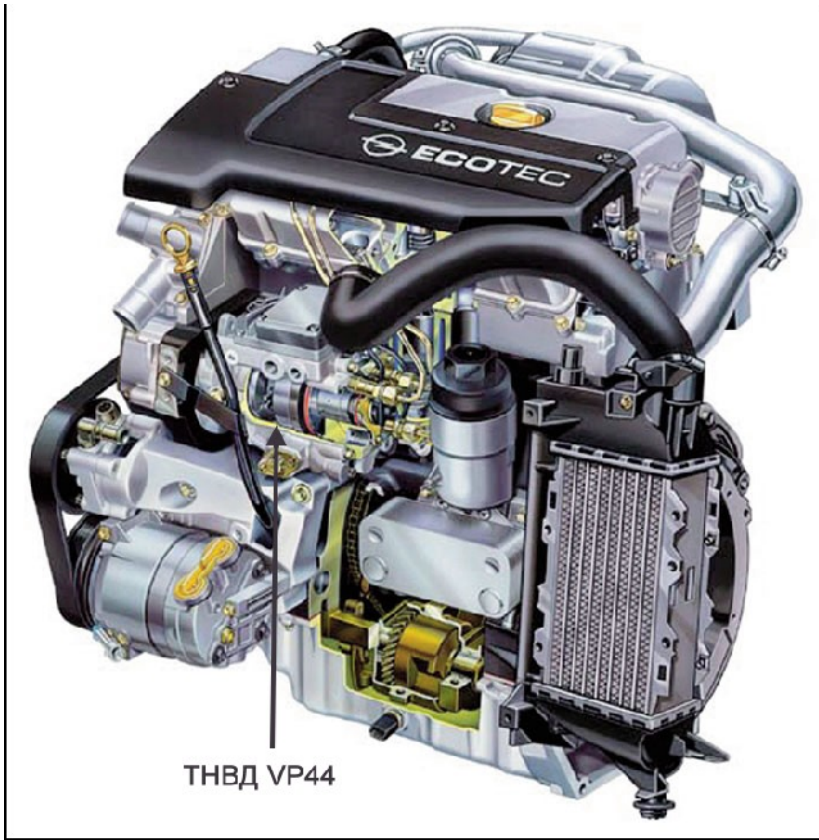


1.1.

VP44.

1.1.1.

VP44, Bosch, 1998
 Cummins ISB
 2002 .
 1 1998 ,
 VP44, -
 "Common Rail" , VP44
 2003 . 1998
 VP44
 Mercedes, VP30 Audi, Opel, Nissan, Ford, BMW,
 VP37
 VP44
 . 1.1.



. 1.1.

Bosch

VP44

VP44

. 1.2.



. 1.2.

VP44.

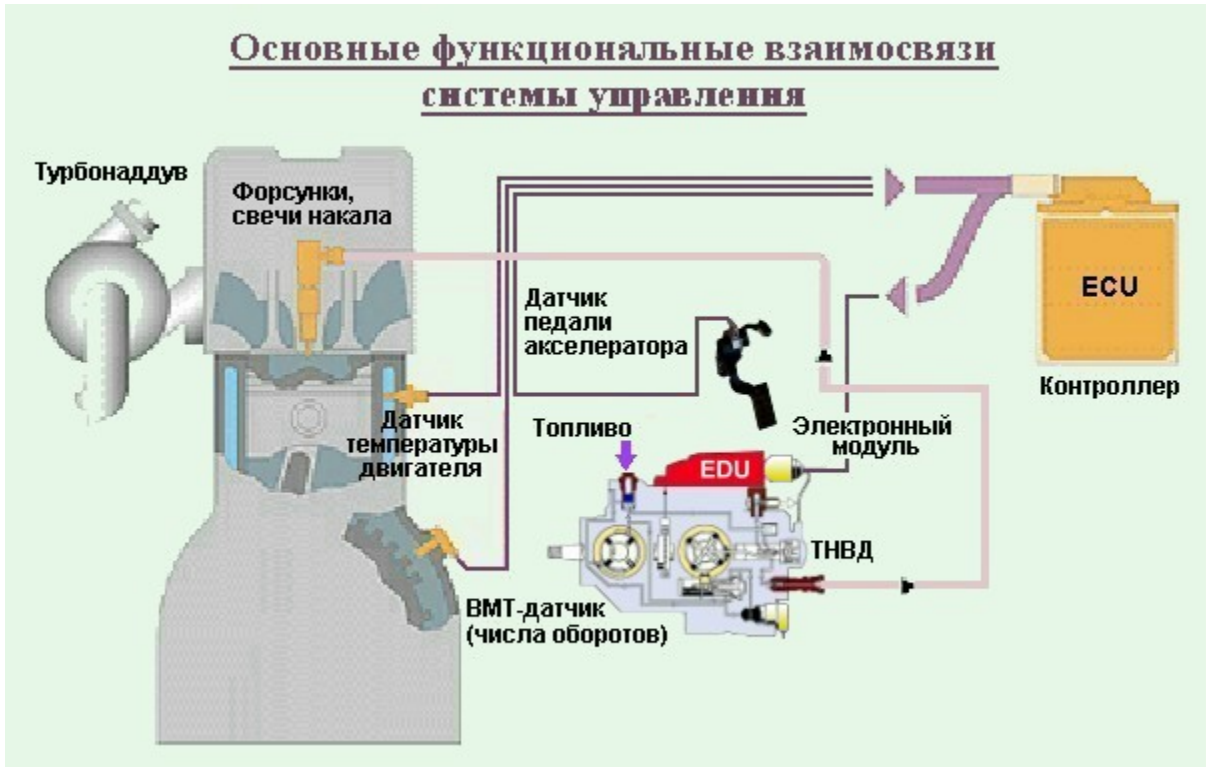
VP44

VP44:

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

().

VP44 -
, Cummins
(ECU),
VP44
) BUS-



. 1.3.

VP44

EDU.

. 1.3.

ECU.

EDU,

1.1.2.

Bosch

VP30, VP37

VP44.

VP37 VP30

VP44

VP37

()

1200

VP30

VP44

1800
VP44

VP37 VP30

- 12V 24V.

1.

Bosch.

	VP37	VP44	
	VP30	VP44	
/	30/25	45/25	45/25
	3...6	4...6	4...6
, 3/	125/ 70	175/85	175/85
,	800/ 1250	1500/1850	1500/1850
, V	12	12	12/24

, - -
 , ,
 .

VP37 -

VE Bosch,
 [2,3].

(piston axial). 90- . . V -
 , -
 [2], VP37, -
 VP44 VP30 VP37 -
 VP37

VP37 -
 , VP44. -
 , -
 VP44, -
 VP30. -
 VP30, -
 VP44, -
 VP44 -

VP30 VP44
 VP44.

VP44, -
 , (VP30), -
 (VP44). -
 , -
 , VP30 -
 , -

PSG5 VP44
 12V.
 24V PSG16,

1.1.3.

VP44.

(. . . 1.3)

()

VP44

ROM

VP44

() , VP44 -

, ,
, , , -
-
-

, , , , , -

VP44 -

, : -

➤ 1800 , -

➤ , , -

➤ , , -

➤ , , -

, , , -

VP44 -

2,5 . -

(Electronic Control Unit) EDU (Electronic Driver Unit).
Bosch, ECU -
VP44 -
-

1.2.

1.2.1.

, -
-
-

, , -

, , -

, , -

, , -
-

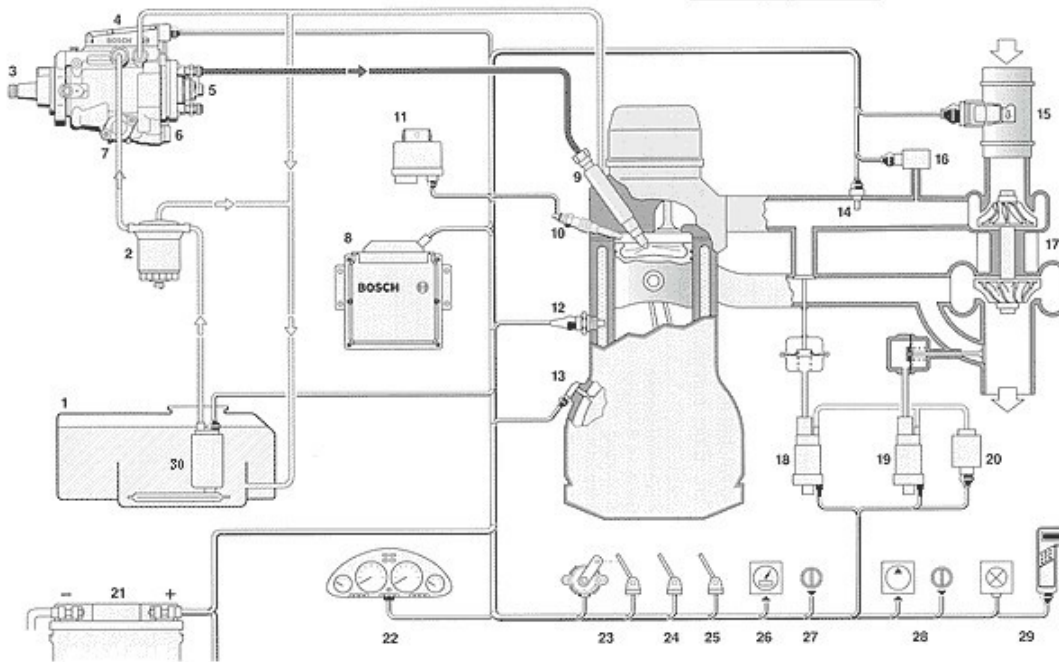
, -
 , .
 :
 ➤ ; -
 ➤ , ; -
 ➤ ; -
 ➤ ; -
 / -
 . -
 , : -
 ➤ ; -
 ➤ ; -
 ➤ ; -
 ➤ ; -
 ➤ ; -
 . -
 , -
 , -
 , -
 . -
 , -
 . -

1.2.2.

VP44.

VP44 . 1.4. -
 30. , -
 - , -
 : . -
 , , -
 . 2. 1 -
 , -
 . -
 . -
 . -
 3 VP44. -

Функциональная схема управления ТНВД VP44



- 1 - топливный бак; 2 - топливный фильтр; 3 - топливный насос VP44; 4 - электронный модуль;
 5 - клапан управления дозированием топлива (наполнением); 6 - клапан управления моментом впрыска;
 7 - автомат опережения впрыска; 8 - электронный блок управления двигателем; 9 - датчик подъема иглы форсунки; 10 - свечи предварительного нагрева; 11 - блок управления предварительным нагревом; 12 - датчик температуры двигателя; 13 - ВМТ-датчик (числа оборотов); 14 - датчик температуры воздуха на впуске;
 15 - расходомер воздуха; 16 - датчик давления наддува; 17 - турбокомпрессор; 18 - клапан рециркуляции;
 19 - ограничитель давления наддува; 20 - вакуумный насос; 21 - аккумуляторная батарея; 22 - тахометр;
 23 - датчик положения педали акселератора; 24 - выключатель сцепления; 25 - контакты тормозного механизма; 26 - датчик скорости автомобиля; 27 - темпомат; 28 - компрессор кондиционера с выключателем;
 29 - диагностический разъем; 30 - электрический подкачивающий насос

. 1.4.

VP44.

1:2,

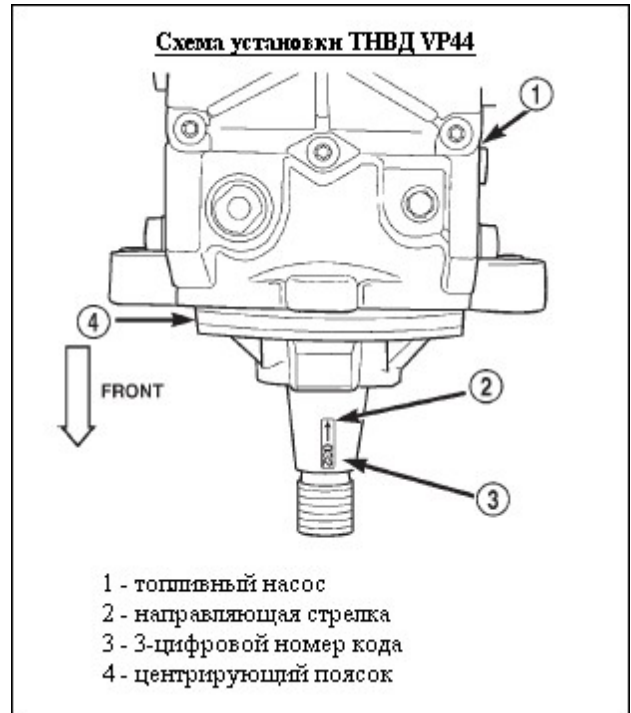
1/2

. 1.5.

17,

19.

VP44



. 1.5.

10

9

VP44 Bosch

4

6.

13

()

7,

9

–
 , – 1200
 4 –

EDU (Electronic Driver Unit).

(CAN-BUS).

()

5 – ().

6 –

()

7 –

8 – ECU (Electronic Control Unit)

MSG – (Motorsteuergerät)

EDU

(),

().

9 –

VP44

EGR.

10 – _____.

4).

(850 °

11 – _____ (_____).

12 – _____.

13 – _____.

),

(

14 – _____.

. 12.

15 – _____.

[4,5].

16 – _____.

17 – _____.

18 – _____.
EGR

19 – _____.

20 – _____.
)

21 _____.

22 – _____.

23 – _____.

24 – _____.

G-Lader,

. 18.

ECU

EEGR

(),

EGR . 18

.19.

10,5 : 14,5 V.

25 – ABS ().

CAN-BUS
().

26 – ().

(CAN-BUS).

27 – .

28 – .

29 – .

_____ :

1.2.4.

, . 1.4,

1. _____ .

1

4

2,

2. _____

« »

10...30%

10,

()

8

11.

3. _____

21

10,5 V.

5,

6.

8

12.

28,

8

4. _____

24.

8

23

12.

5,

7

8

12

13.

14 16

15.

(

5. _____.

8

-

-

5.

-

13,

12,

14

-

,
13

12.

28 ,

,

.

-

-

8

-

18.

6. _____.

-

-

.

5

,

5

,

(

,
)

7. _____.

8

23

-

13.

,

.

4,

14,

(

12,

26

),

(

).

8. _____.

8,

6,

-

4.

7.

-

-

-

-

-

23,

,
13.

-

16, 12 14. -
 , , -
 , 13, .

9. 9. EGR. EGR
 (18.) ,

20.
 .
 23 (), 13 (),
 12 16 ().
 10. _____.

17.
 19, ,
 20. ,
 , 16, 23 .

1.3.

1.3.1.

-
 ,
 , VP44,
 , ,
 ,
 ,
 ,

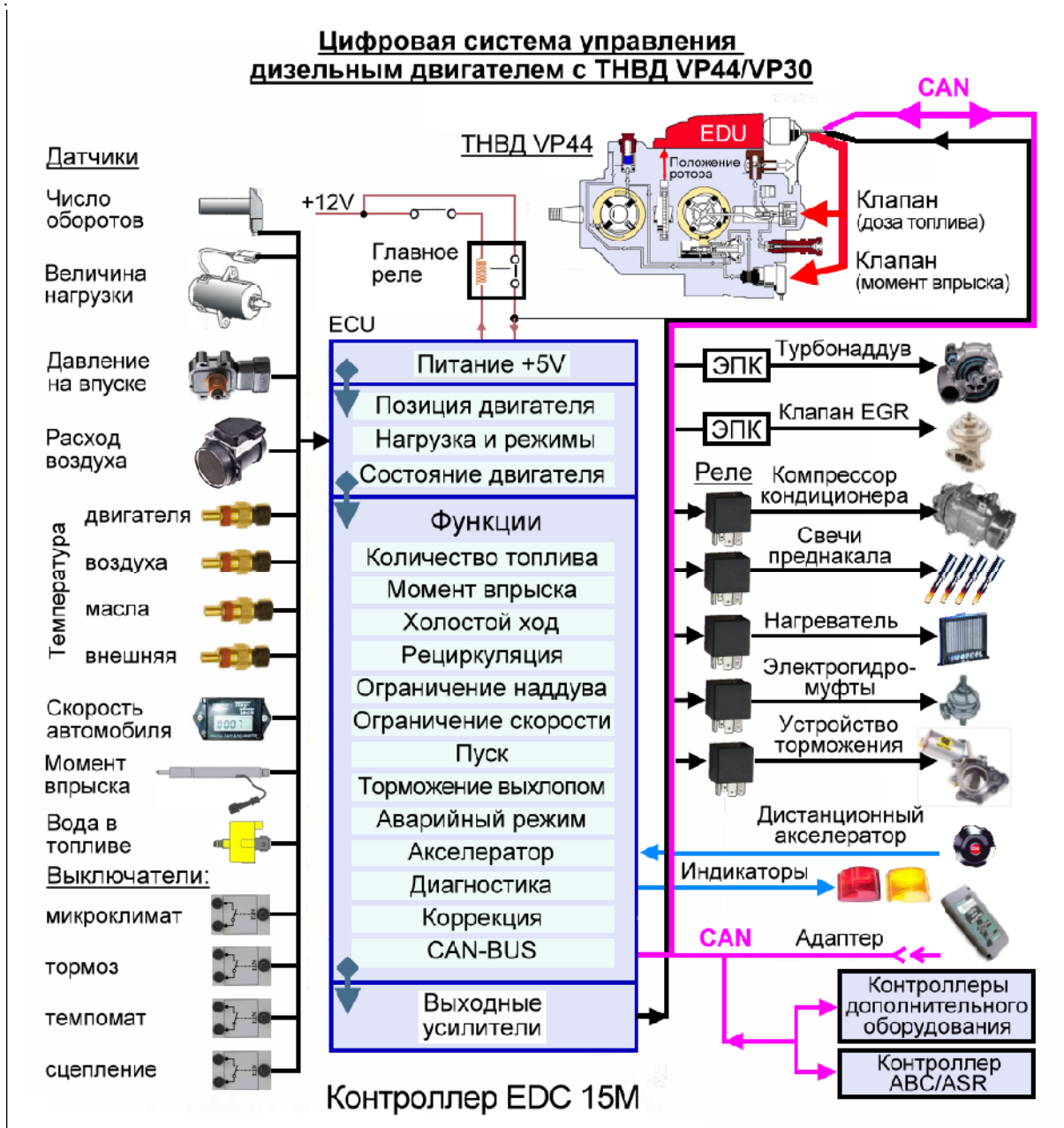
VP44 .1.6.
 1. ,
 ,
 - /

2. (). VP44,

3. ECU ().

4. EDU.
ECU

Цифровая система управления дизельным двигателем с ТНВД VP44/VP30



. 1.6.

VP44.

1.3.2.

VP44 -
 -
 -
 -
 -
 -
 -
 «Readiness Codes» (RC),
 -
 VP44 -
 -
 ECU -
 EDU. -
 Bosch VP44 -
 -
 ECU, Cummins, -
 () -
 EDU -
 -
 -
 -
 -
 -
 VP44 -
 ECM. -
 EDU, -
 () -
 EDU. -
 -
 CAN-Bus. -
 6, 8 9 -
 CAN-Bus. -
 CAN-Bus -
 -
 ECU -
 -
 -
 -
 -
 -

EDU

EDU

ECU

EDU

EDU

CAN-Bus

EDU

CAN-Bus

ECU

CAN-Bus

EDU,

EDU.

EDU

CAN-Bus,

VP44 (. 1.4 1.6

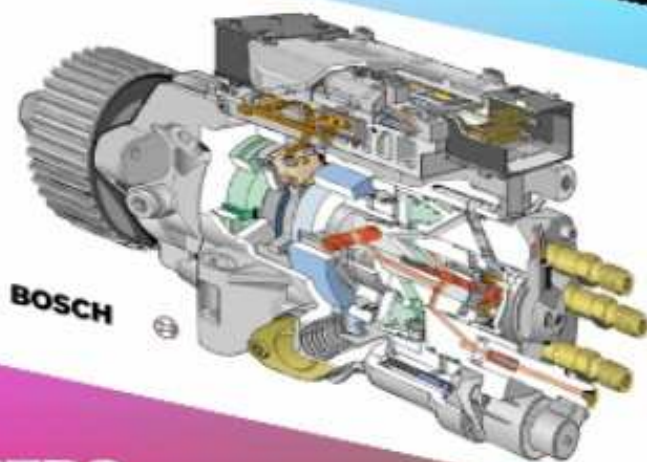
EDU

).

Table with multiple columns and rows, containing various terms and page numbers. The text is mostly illegible due to low resolution and blurring. Visible fragments include: ECU, EGR, VP44, and « ».

, , ,
 . ,
 , -
 « » . « ».
 , -
 , . -
 , . -
 , . -
 , . -
 ECU , -
 , (. . 1.6) -
 . / -
 ECU . VP44, -

Глава 2



**Устройство
ТНВД VP44**

К топливным насосам высокого давления (ТНВД) VP44 распределительного типа относятся насосы, в которых высокое давление впрыска нагнетается при помощи радиально перемещаемых плунжеров или за счет осевого перемещения плунжера [2].

ТНВД с радиальными плунжерами типа VP44 выпускаются с двумя, тремя или четырьмя плунжерами, перемещающимися в корпусе ротора насоса в радиальном направлении. Насосы такого типа применяются на автомобилях Audi, Ford, Opel, BMW и других производителей и обеспечивают максимальное давление не ниже **1200 бар** на распылителе топливной форсунки.

На автомобилях Ford Focus и других применяются ТНВД VP30 с осевым типом перемещения плунжера. Насосы VP30 обеспечивают технические параметры, близкие насосам VP44.

2.1. Общее устройство распределительных ТНВД.

2.1.1. ТНВД с радиальными плунжерами VP44.

Устройство ТНВД VP44 приведено на рис. 2.1, насос имеет два радиальных плунжера. Приводной вал насоса с ротором получает вращение от коленчатого вала двигателя через зубчатый шкив.

**ТОПЛИВНЫЙ НАСОС ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ VP44
С РАДИАЛЬНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ПЛУНЖЕРОВ**

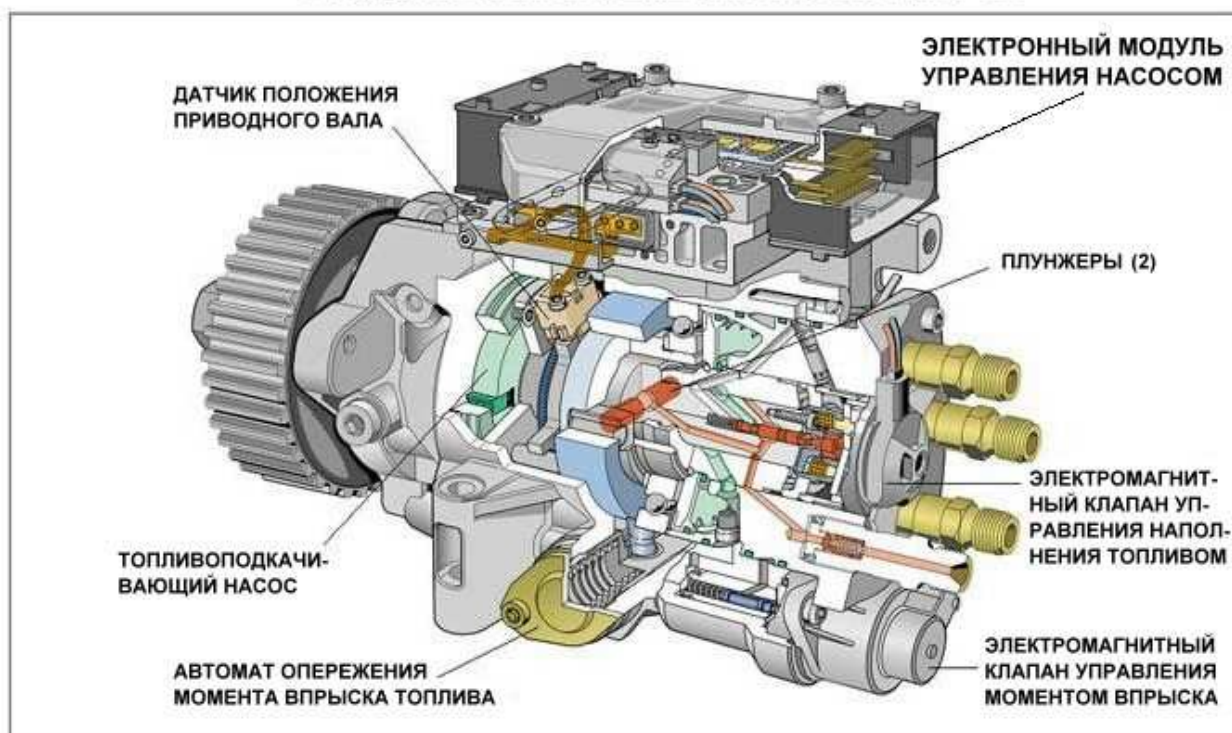


Рис. 2.1. Общий вид топливного насоса высокого давления VP44.

Вращение приводного вала передается топливоподкачивающему насосу. Насос предназначен для создания во внутренних полостях ТНВД предварительного давления топлива, необходимого для заполнения топливом объема между плунжерами, привода автомата опережения впрыска и обеспечения смазки топливом трущихся деталей. Подкачивающий насос обеспечивает поступление топлива во внутренние полости ТНВД в избыточном количестве, поэтому излишки топлива сливаются обратно в топливный бак через клапан перетока ТНВД по сливным магистралям. Развиваемое насосом давление топлива зависит от частоты вращения двигателя. Изменяемое от оборотов давление используется в работе автомата опережения впрыска для регулирования момента впрыска топлива. Топливные магистрали двигателя и ТНВД должны иметь абсолютную герметичность для предотвращения попадания в них воздуха.

От приводного вала вращение далее передается ротору, имеющему радиальные расточки для размещения и направления подвижных плунжеров и систему топливных каналов. Ротор размещается внутри кулачкового кольца, и плунжеры перемещаются в расточках при вращении.

На роторе имеется зубчатое кольцо, напротив которого установлен датчик положения приводного вала (ротора). Сигналы с датчика используются для определения углового положения ротора, при котором необходимо выполнять впрыск топлива. Топливо на такте наполнения заполняет объем между плунжерами. На такте рабочий ход плунжеры перемещаются в радиальном направлении навстречу друг другу, благодаря чему давление топлива возрастает до рабочих значений. Топливо под высоким давлением через нагнетательные топливные каналы и соединительные штуцеры вытесняется во внешние трубопроводы высокого давления и далее к топливным форсункам.

Заполнение топливом объема между плунжерами по каналам ротора и отсечка высокого давления, завершающая впрыск, происходят благодаря работе электромагнитного клапана управления наполнением. Клапан обеспечивает точное дозирование количества впрыскиваемого топлива в зависимости от режимов работы двигателя и управляется от электронного модуля.

Перемещение плунжеров в радиальном направлении в расточках ротора происходит при набегании роликов на внутренние кулачки кулачкового кольца. Кольцо установлено в корпусе ТНВД и может разворачиваться на некоторый угол под воздействием исполнительного поршня автомата опережения впрыска. В результате поворота кулачкового кольца ролики начинают набегать на кулачки в более ранние или поздние моменты времени в зависимости от направления поворота. В этом случае также изменяется начало рабочего хода плунжеров, благодаря чему изменяется начало впрыска топлива или момент впрыска. Автомат опережения гидромеханического типа, имеющийся в нем гидравлический поршень способен перемещаться при изменении действующего на него изменяемого управляющего давления топлива. Величина управляющего давления регулируется электромагнитным клапаном опережения впрыска, который получает управляющие команды в виде тока управления от электронного модуля.

Управление клапанами наполнения топливом и опережения впрыска обеспечивается электронным модулем, связанным с электронным блоком управления двигателем электрическим кабелем, в который входит шина передачи данных (информации) CAN-Bus. Через шину между модулем и блоком управления происходит постоянный обмен информацией, по этой шине также модуль получает от блока основные установочные данные.

Модуль представляет собой сложное электронное устройство со встроенным микропроцессором, арифметическим устройством и микросхемами памяти. Модуль выполнен по гибридной схеме и способен генерировать токи управления большой силы. Для охлаждения элементов модуля используется поток топлива, поступающего в ТНВД из внешних магистралей топливоподдачи.

2.1.2. ТНВД с осевым плунжером VP30.

Общая конфигурация насоса соответствует ТНВД VP44, отличие между ними заключается в устройстве и принципе работы нагнетательной секции. Схема насоса приведена на рис. 2.2.

Нагнетательная секция представляет собой плунжер осевого типа, размещенный в расточке гидравлической головки насоса. Привод плунжера состоит из роликового кольца с роликами и кулачковой пластины с плоскими кулачками. В теле плунжера выполнена система топливных каналов, включающая канал наполнения, распределительный и нагнетательный каналы. Высокое давление образуется во время рабочего хода плунжера в объеме над его торцом. Подробно устройство и работа нагнетательной секции изложены в технических руководствах по насосам осевого типа Bosch [2,3].

Плунжер совершает сложное комбинированное движение, включающее возвратно-поступательное движение с одновременным вращением. Возвратно-поступательное движение используется для заполнения топливом камеры нагнетания и выполнения рабочего хода. Вращательное движение применяется для распределения топлива по цилиндрам.

Вращение от приводного вала передается на кулачковую пластину и опирающийся на нее плунжер. В результате вращения пластина своими кулачками набегает на ролики, установленные в пазах кулачкового кольца. При набегании поднимающегося профиля плоских кулачков на ролики пластина начинает отжиматься, и вместе с ней плунжер перемещается в осевом направлении в сторону клапана. Это движение используется для сжатия топлива в камере над торцом и создания рабочего давления впрыска. Как только падающий профиль кулачков начинает сбегать с роликов, кулачковая пластина и плунжер перемещаются в обратном направлении в сторону кулачкового кольца. Этот ход используется для заполнения топливом и подготовки следующего такта нагнетания давления.

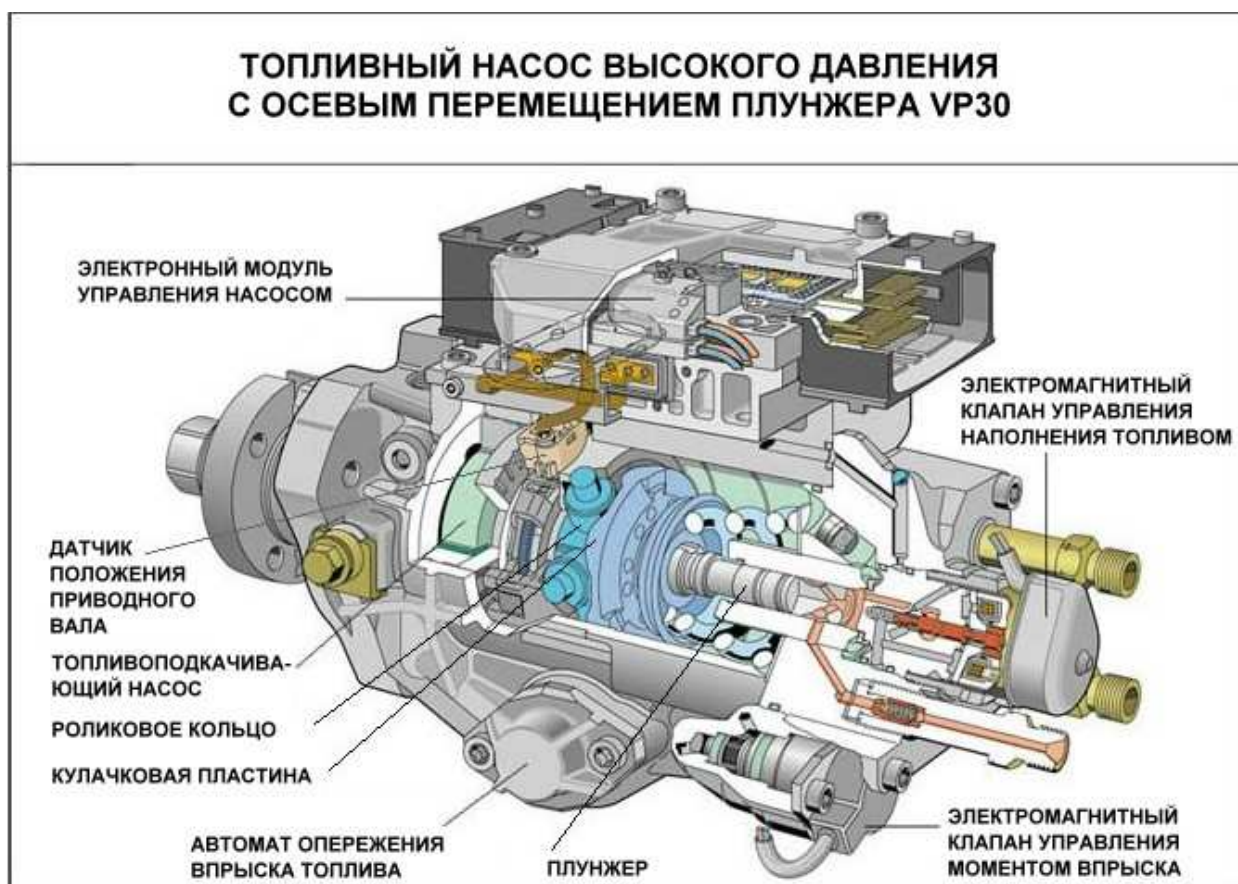


Рис. 2.2. Общий вид топливного насоса высокого давления VP30.

Так как плунжер одновременно совершает вращение, то к очередному такту нагнетания он развернется так, что его распределительный канал будет располагаться напротив очередного нагнетательного канала, количество которых соответствует числу цилиндров двигателя.

Управление наполнением и опережением впрыска соответствует ТНВД VP44.

2.2. Принцип действия модулей ТНВД VP44.

Назначение топливного насоса заключается в нагнетании высокого давления топлива и обеспечении впрыска расчётного количества топлива в заданные моменты времени, при которых обеспечивается полное сгорание топлива и достижение максимального давления на днище поршня. Особенность насоса состоит в том, что он представляет собой полностью электронное управляемое гидромеханическое прецизионное устройство. Насос позволяет достичь давления топлива на распылителях топливных форсунок до 1800 бар. Общий принцип работы насоса и его отдельных устройств рассматривается согласно структурной схеме ТНВД VP44, приведенной на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Структурная схема ТНВД VP44.

2.2.1. Топливоподача.

Топливо из топливного бака через топливный фильтр поступает к топливоподкачивающему насосу (поз.3), встроенному во внутреннюю полость ТНВД и расположенному на приводном валу. Топливо, поступая в ТНВД, заполняет весь внутренний объём, в том числе электронный модуль 2. Топливо, заполняя внутренние полости насоса, обеспечивает охлаждение и смазку трущихся деталей, излишки топлива через клапан перетока 10 по сливным магистралям сливаются обратно в топливный бак. Клапан перетока служит для поддержания давления топлива внутри ТНВД, пропорционального частоте вращения коленчатого вала. В сливную магистраль может встраиваться топливный демпфер – емкость, гасящая колебания давления топлива, создаваемые работой топливоподкачивающего насоса и исполнительными устройствами.

Высокое давление создается в нагнетательной секции 5 за счет совместного перемещения плунжеров к оси насоса. Топливо выдавливается из объема между плунжерами на нагнетательным каналом к нагнетательному обратному клапану 11. Высокое давление топлива открывает клапан, и топливо по внешним трубопроводам высокого давления поступает к форсункам.

Насос 3 обеспечивает поддержания низкого давления топлива во внутренних полостях ТНВД и поступление его к устройствам управления – электромагнитным клапанам управления наполнением 6 и впрыска топлива 8. Низкое давление топлива изменяется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, его величина используется в работе автомата 7, изменяющего момент впрыска топлива. За счет омывания топливом обеспечивается охлаждение и отвод избыточного тепла от токонагруженных деталей модуля. Включение топливного насоса и запуск двигателя возможны при условии заполнения ТНВД топливом. Наполнение топливом обеспечивается при помощи внешнего электрического подкачивающего насоса, установленного непосредственно в топливном баке или вблизи от него. Насос включается после поворота ключа замка включения приборов и стартера, после чего включается лампа индикации наполнения топливом, расположенная на панели приборов в кабине водителя. Одновременно модуль управления насосом и блок управления двигателем производят поиск неисправностей согласно программам управления подсистемы диагностики. В течение времени поиска неисправностей водитель не может производить никаких действий. Двигатель может быть запущен, когда полости ТНВД будут заполнены топливом, а система диагностики не обнаружит неисправностей, угрожающих двигателю. Особое внимание следует обращать на заполнение насоса топливом после выполнения ремонтных работ. Сигналом о заполнении топливом в этом случае является поступление топлива в сливную магистраль через клапан перетока, размещенный в верхней части ТНВД под электронным модулем 2.

2.2.2. Контур низкого давления.

Топливоподкачивающий насос 3 (см. рис. 2.3) развивает давление топлива и нагнетает его в магистрали, сообщаемые с автоматом опережения впрыска 7, клапаном управления наполнением 6 и клапаном управления моментом впрыска 8. Полости внутри ТНВД, заполненные топливом, образуют контур низкого давления. Максимальное давление, развиваемое подкачивающим насосом, может составлять 18...24 бар. Необходимая величина давления требуется для прокачки топлива в камеру высокого давления, образуемую объемом в зазоре между плунжерами, и привода в действие автомата опережения впрыска топлива.

Так как насос гидромеханического типа и получает вращение от приводного вала, то развиваемое давление зависит и изменяется от частоты вращения двигателя. Для предотвращения перегрузки по давлению, возможной на максимальных оборотах двигателя или при

механических неисправностях топливных магистралей, параллельно подкачивающему насосу выполнен гидравлический редуцирующий клапан 9.

Клапан открывается и перепускает топливо из перегруженных магистралей обратно на вход топливоподкачивающего насоса, чем обеспечивается поддержание давления топлива не выше предельно допустимого. На промежуточных оборотах топливоподкачивающий насос обеспечивает рабочие значения давления, используемого для наполнения топливом полостей ТНВД и исполнительных устройств, а также для управления автоматом опережения впрыска.

Из камеры нагнетания топливоподкачивающего насоса топливо под давлением по гидравлическим каналам поступает к ротору для наполнения камеры высокого давления и автомату опережения впрыска для приведения в действие исполнительного поршня автомата. Поступление топлива к этим устройствам регулируется электромагнитными клапанами управления наполнением 6 и моментом впрыска 8.

Вокруг ротора нагнетательной секции выполнена кольцевая канавка, которая наполняется топливом, поступающим от топливоподкачивающего насоса. Через открытый клапан управления наполнением 6 топливо по внутренним каналам ротора поступает в объем, образованный зазором между радиально расположенными плунжерами. В момент заполнения топливом плунжеры находятся на максимальном удалении друг от друга, то есть камера высокого давления заполняется топливом полностью. В отличие от аксиальных насосов радиально расположенные плунжеры не имеют возвратных пружин. Во время работы насоса они расходятся в противоположные стороны и прижимаются совместно с башмаками и роликами к внутренней поверхности кулачкового кольца под воздействием возникающих центробежных сил.

Параллельно из полости нагнетания топливоподкачивающего насоса топливо под давлением поступает к исполнительному поршню автомата опережения впрыска 7. Величина давления топлива, действующего на поршень, изменяется за счет перепуска части топлива из полости над поршнем обратно в полость всасывания топливоподкачивающего насоса. Необходимое количество топлива сливается из полости над поршнем автомата посредством изменения проходного сечения сливного канала, в котором установлен электромагнитный клапан управления впрыском 8. При подаче тока управления клапан открывает сливной канал на требуемую величину открытия и часть топлива начинает сливаться из полости над поршнем, обеспечивая поддержание над ним необходимого давления.

Насосы VP44 не имеют системы смазки трущихся деталей, функцию смазки выполняет топливо, вследствие чего падение давления топлива внутри ТНВД и выход из строя топливоподкачивающего насоса являются недопустимыми.

2.2.3. Электромагнитные клапаны.

2.2.3.1. Назначение и принцип действия электромагнитных клапанов.

Клапан управления наполнением 6 (см. рис. 2.3) ответственен за дозирование топлива и обеспечение высокого давления впрыска, открывающего топливные форсунки через нагнетательный клапан 11. Дозирование топлива обеспечивается программными средствами при помощи изменения времени действия импульса тока, поступающего в электрическую обмотку клапана управления наполнением. В течение времени действия импульса происходит нагнетание давления и впрыск топлива топливными форсунками. Время действия клапана поддерживается в требуемом диапазоне электронным модулем за счёт формирования им длительности сигнала управления.

Клапан опережения впрыска 8 приводит в действие устройство, изменяющее действительное значение угла опережения впрыска топлива – автомат опережения 7. Клапан управляется импульсным током переменной скважности, благодаря изменению которой регулируется

ется величина управляющего давления топлива, действующего на исполнительный элемент автомата – подвижный поршень. Изменение положения поршня приводит к некоторому развороту кулачкового кольца 5 нагнетательной секции относительно корпуса ТНВД и изменению момента впрыска топлива. В зависимости от направления разворота кольца различают опережение и запаздывание момента впрыска.

Таким образом, параметрами дозирования и момента впрыска топлива в ТНВД являются:

- давление топлива, развиваемое топливоподкачивающим насосом во внутренних полостях ТНВД в зависимости от частоты вращения;
- длительность импульса тока управления электромагнитным клапаном наполнения, изменяющая продолжительность впрыска топлива;
- переменная скважность тока управления электромагнитным клапаном опережения впрыска, регулирующая опережения/запаздывания впрыска.

Управляемые электромагнитные клапаны применяются в качестве регулирующих и запорных устройств в каналах ТНВД VP44, рабочим веществом в которых является дизельное топливо и в магистралях вспомогательных систем двигателя с жидким или газообразным рабочим веществом. Исполнительным рабочим элементом клапана является подвижный магнитный сердечник – соленоид, расположенный внутри электрической обмотки или катушки, выполненной из проводника электрического тока в форме большого количества витков. Электромагнитные клапаны управляются постоянным или импульсным токами, управление клапанами в ТНВД обеспечивается только импульсными токами. В запорных клапанах рабочее вещество и его давление не влияют на положение рабочего элемента, такие клапаны работают в режиме открыт/закрыт, и исполнительный элемент занимает одно из крайних положений, без регулирования сечения проходного канала. Клапаны, на положение рабочего элемента которых влияет давление рабочего вещества, относятся к регулируемым клапанам. Функциональная схема электромагнитных клапанов приведена на рис. 2.4.

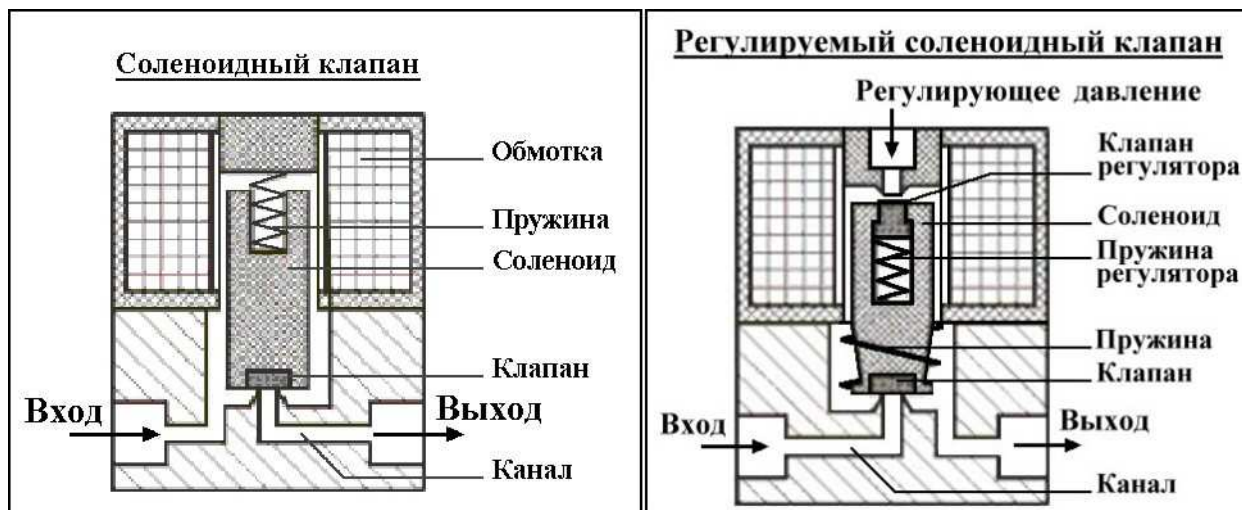


Рис. 2.4. Функциональная схема электромагнитных клапанов.

На торце соленоида изготавливается клапан, которым соленоид запирает или открывает выполненный в корпусе канал, пропускающий рабочее вещество, конкретно в ТНВД – дизельное топливо. Открытие канала происходит в результате перемещения соленоида внутрь катушки, при этом соленоид может занимать различные положения, чем изменяется проходное сечение у клапана и пропускная способность канала.

Для обеспечения управления проходным сечением в регулируемых клапанах применяется импульсный ток переменной скважности, у которого средняя сила тока определяется величиной скважности импульсов. При прохождении импульсного тока через обмотку соленоид может занимать внутри катушки с обмоткой одно из промежуточных положений.

Клапаны имеют входное и выходное отверстия, через которые они встраиваются в управляемые магистрали.

Принцип действия клапанов основан на взаимодействии соленоида с магнитным полем, образующимся при прохождении электрического тока через витки обмотки. При прохождении тока в каждом витке образуется магнитное поле, поля всех витков суммируются, образуя магнитное поле обмотки, намагничивающее соленоид.

Действующая магнитная сила втягивает соленоид внутрь катушки, при этом магнитная сила преодолевает сопротивление упругости возвратной пружины. Сила магнитного поля и, соответственно, величина хода соленоида прямо пропорциональна силе электрического тока. Чем выше сила тока, тем выше магнитное действие.

В результате действия тока на соленоид начинают действовать противоположно направленные силы, и он занимает внутри катушки положение, определяемое балансом магнитной силы и силы упругости сжатой пружины. Таким образом, проходное сечение у клапана и пропускная производительность канала зависят от силы действующего электрического тока.

При обрыве тока обмотки на соленоид прекращают действовать магнитные силы, и он под воздействием возвратной пружины занимает исходное положение, при котором клапан запирает проходное отверстие канала. Прохождение по каналу рабочего вещества прекращается.

По приведенному принципу действия работают и другие электромагнитные клапаны, используемые в системе управления двигателем. К ним относятся клапаны системы рециркуляции выхлопных газов, клапаны управления турбонаддувом и прочие.

Более совершенными являются регулируемые клапаны, у которых рабочий ход соленоида зависит не только от силы проходящего через обмотку тока, но и от величины давления рабочего вещества. В таких клапанах на соленоид действуют в одном направлении две силы: сила упругости пружины и сила, развиваемая давлением рабочего вещества. При прохождении электрического тока через обмотку положение соленоида определяется с одной стороны силой магнитного поля, и с другой - суммарной силой упругости пружины и регулирующего давления.

Соленоид занимает внутри катушки положение, при котором баланс сил определяется величиной управляющего давления. При изменении величины этого давления баланс сил нарушается, и соленоид занимает новое промежуточное положение, чем изменяется проходное сечение у клапана. Пропускная способность канала в управляемых клапанах достигается регулированием силы проходящего через обмотку тока и изменением управляющего давления.

Соленоидные клапаны классифицируются:

- по количеству обмоток на одно и многообмоточные клапаны;
- по типу соленоида с втягивающимся и выталкивающим соленоидами;
- по способу регулирования на регулируемые и нерегулируемые клапаны;
- по виду рабочего вещества на гидравлические и пневматические клапаны;
- по величине регулирующего давления на клапаны низкого и высокого давления.

Клапан управления наполнением относится к нерегулируемому гидравлическому соленоидному клапану высокого давления, управляемому постоянным током. Действующий на клапан ток имеет форму импульса, но в течение времени его действия соленоид клапана занимает положение, обеспечивающее постоянное запирающее топливного канала наполнения и герметичность камеры высокого давления в зазоре между плунжерами. В момент прекращения действия тока топливный канал открывается, регулирование проходного сечения топливного канала не производится.

Клапан управления впрыском является регулируемым гидравлическим клапаном низкого давления, управляемым импульсным током переменной скважности. Клапан обеспечивает изменение проходного сечения управляемого топливного канала, благодаря чему регулируется величина давления топлива, действующего на исполнительный автомат опереже-

ния впрыска топлива. Величина управляемого давления зависит от значения скважности импульсного тока.

При этом оба клапана ТНВД устроены так, что в открытом состоянии клапана управления наполнением обеспечивается нагнетание высокого давления впрыска, а клапана управления моментом впрыска - изменение угла опережения впрыска топлива. В закрытом состоянии клапана управления наполнением происходит отсечка (прекращение) нагнетания давления топлива и закрытие топливных форсунок, а клапана управления моментом впрыска – прекращения регулирования величины управляющего давления топлива, угол впрыска топлива не регулируется.

Оба клапана являются однообмоточными, выводы обмоток соединяются при помощи упругого проводника с электронным модулем. Внешних выводов обмотки не имеют.

2.2.3.2. Ток управления электромагнитными клапанами.

Приведенные в данной главе параметры импульсного тока управления распространяются на все импульсные токи электромагнитных устройств, используемых в цифровой системе (см. рис. 1.6).

Изменение длительности рабочего состояния электромагнитного клапана, зависит от режима работы двигателя и, в первую очередь, от числа оборотов и нагрузки на двигатель. В каждом случае контроллер рассчитывает для любого из клапанов оптимальную длительность действия импульса t_i тока управления, определяемую конкретными значениями частоты вращения коленчатого вала и величины нагрузки. Осциллограммы тока управления клапанами приведены в тексте соответствующих глав, в которых приводится описание клапанов.

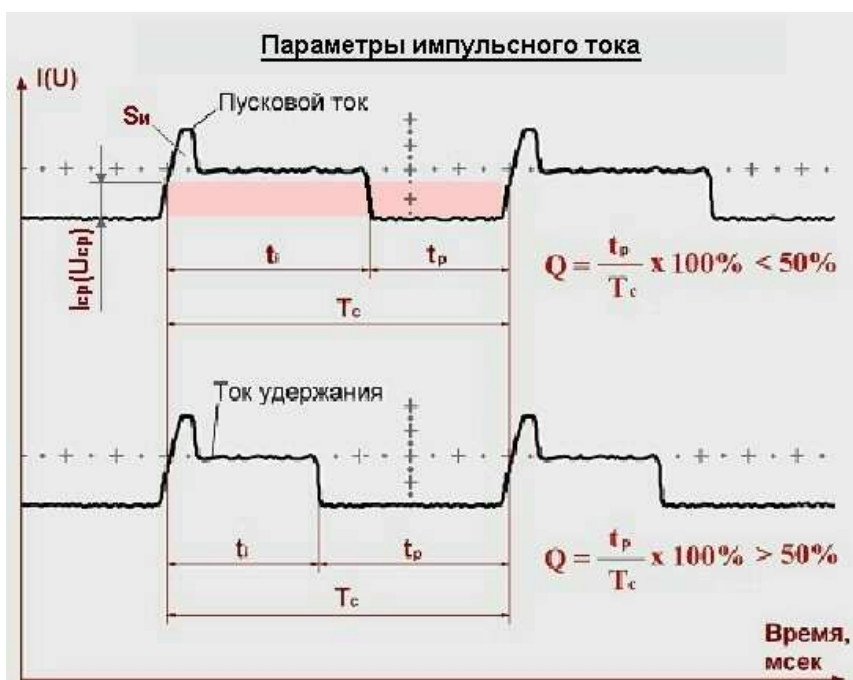


Рис. 2.5. Параметры импульса тока управления.

Для объяснения действия импульсного тока управления на моменты открытия и закрытия клапанов используются параметры импульсов, принятые в электронике. Измерение времени действия и силы импульсного тока, при котором поддерживается рабочее положение электромагнитных клапанов (например, открытое положение клапана автомата опережения впрыска), производится через понятия времени действия и скважности импульса. В электронике *скважность* означает отношение периода следования сигнала ко времени действия импульса.

Таким образом, скважность Q_c представляет собой отношение:

$$Q_c = \frac{T_c}{t_i} \quad (1)$$

где T_c – период следования сигнала (длительность цикла),
 t_i – время действия импульса.

Обозначение параметров импульсного тока показаны на примере формы импульса тока электромагнитного клапана управления наполнением. Форма и параметры импульса тока приведены на рис. 2.5.

Скважность характеризует перегрузку работы различных устройств, чем выше скважность, тем дольше длится пауза по сравнению с длительностью действия импульса и меньше токовая нагрузка на исполнительное устройство. Наоборот, при уменьшении времени ожидания импульса (паузы) по сравнению с длительностью действия импульса и уменьшении скважности возрастает токовая нагрузка. Это очевидно из определения скважности и длительности цикла импульса, в формуле которой:

$$T_c = t_i + t_p \quad (2),$$

где t_i – время действия импульса,
 t_p – время ожидания (пауза) импульса.

В качестве технического параметра импульсного тока используется изменяемая составляющая скважности, получаемая подстановкой выражения для периода следования сигнала в формулу расчета скважности:

$$Q_c = \frac{T_c}{t_i} = \frac{t_i + t_p}{t_i} = \left(1 + \frac{t_p}{t_i}\right) \quad (3)$$

Таким образом, величина скважности зависит от соотношения двух составляющих импульсного тока: времени ожидания импульса t_p и времени его действия t_i . Использование этого соотношения в количественной оценке силы импульсного тока является несколько неудобным, так как его величина может изменяться от единицы при $t_p = 0$ до бесконечности при $t_i = 0$.

Разработчиками системы управления VP44 в её техническом описании используется термин «соотношение» (Verhältnisse – нем.) для составляющих импульсного тока, которое означает отношение времени ожидания к длительности цикла импульса, что полностью соответствует приведенной характеристике скважности. Таким образом, применительно к импульсному току управления исполнительными электромагнитными клапанами в качестве его характеристики сохраняется основной параметр тока - скважность, но рассчитывается скважность по формуле, соответствующей понятию соотношения:

$$Q = \frac{t_p}{T_c} \times 100\% \quad (4)$$

где t_p – время ожидания (пауза) импульса,
 T_c – период следования импульса (длительность цикла).

В данном случае скважность определяется через одну из составляющих, входящих в выражение для длительности цикла импульса (2), времени ожидания импульса t_p , при этом полностью сохранен смысл и характеристика скважности.

Большей длительности действия t_i и меньшей паузе t_p , при которой скважность $<50\%$, соответствует увеличенное время действие импульса и большая средняя сила тока управления, и, наоборот, большому времени паузы и скважности $>50\%$ соответствует низкое время действия импульса и малая средняя сила тока управления. В общем случае для удобства объяснения принято считать, что скважность $Q > 50\%$ означает снижение

токовой нагрузки, а скважность $Q < 50\%$ ее увеличение. Если говорить о средней силе импульсного тока, то скважности менее 50% соответствует большая средняя сила импульсного тока, а скважности более 50% - меньший ток. Время открытого или закрытого состояния электромагнитного клапана будет зависеть не только от величины скважности импульсного тока управления, но также от типа подвижного исполнительного соленоида, втягивающегося или выталкивающегося.

Средняя сила импульсного тока (напряжения) получается, если ток (напряжение) импульса равномерно распределить на весь период T_c так, чтобы площадь прямоугольника $I_{cp} T_c$ была равновелика площади импульса S_u :

$$S_u = I_{cp} \cdot T_c \quad (5)$$

В большинстве случаев в автомобилях применяются электромагнитные клапаны с втягивающимся соленоидом, поэтому увеличение сечения управляемого канала происходит при увеличении средней силы импульсного тока или в результате снижения его скважности. Но это положение не является обязательным.

Особенность тока управления некоторыми электромагнитными клапанами заключается в наличии пиковой формы фронта нарастания импульса, при которой амплитудное значение силы тока может достигать значения около 20 А . Такой ток, называемый *пусковым*, требуется для обеспечения быстроты срабатывания клапана и надёжности запираения или открытия топливного канала наполнения. После кратковременного действия амплитудного значения ток снижается до устойчивого значения примерно до $10...12 \text{ А}$ и поддерживается на этом уровне во всё время действия импульса. Постоянная составляющая импульсного тока называется *током удержания*.

Ток управления, используемый для привода прочих клапанов, входящих в систему управления, по своей характеристике не отличается от изложенной в данном разделе, поэтому определение скважности Q распространяется на импульсные токи управления всеми электромагнитными клапанами.

2.2.4. Нагнетательная секция.

От топливоподкачивающего насоса топливо поступает к нагнетательной секции для наполнения камеры высокого давления. Принцип действия нагнетательной секции роторного типа приведен на рис. 2.6. Основным элементом нагнетательной секции, регулирующим наполнение топливом и длительность впрыска, является электромагнитный клапан, который одновременно управляет двумя топливными каналами: каналом управления наполнением, обеспечивающим наполнение и слив топлива, и нагнетательным каналом, через который топливо под высоким давлением поступает к форсункам.

Ротор совместно с плунжерами и роликами вращается внутри кулачкового кольца. Объем между плунжерами образует камеру высокого давления, объем которой может изменяться в результате набегания роликов на кулачки, благодаря чему плунжеры смещаются в радиальном направлении к центру. Это движение плунжеров соответствует рабочему ходу. В начале встречного движения плунжеров, то есть в момент набегания роликов на возрастающий профиль кулачков, электромагнитный клапан открывается электрическим сигналом, поступающим от электронного модуля. Открытие клапана означает, что открывается нагнетательный канал, по которому топливо под высоким давлением поступает к форсункам, а топливный канал, по которому происходит наполнение и слив, закрывается. В момент открытия клапана осевой канал ротора совмещается с каналом подачи топлива к форсунке. При набегании роликов на кулачки плунжеры перемещаются навстречу друг другу, уменьшая объем полости. В результате уменьшения объема происходит резкое повышение давления топлива, которое нагнетается к топливной форсунке. Форсунки открываются давлением топлива, обеспечивая впрыск в камеру сгорания.

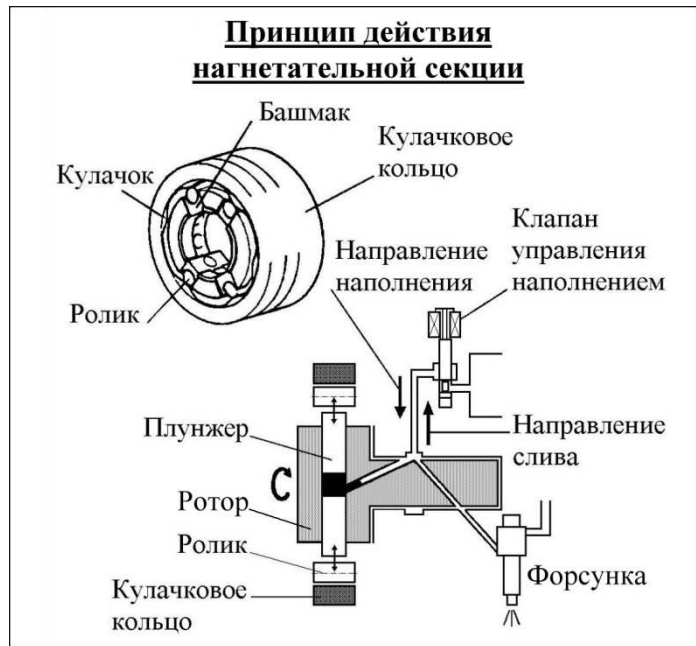
Для прекращения подачи топлива клапан управления наполнением закрывается. Закрытие клапана означает противоположное состояние элементов: нагнетательный канал закрывается, но открывается канал управления наполнением и продолжает оставаться открытым. Давление в полости между плунжерами и на форсунках резко снижается, и форсунки закрываются. При дальнейшем рабочем ходе плунжеров топливо вытесняется в направлении слива обратно во внутренние полости ТНВД с низким давлением до набегания роликов на вершины кулачков. Клапан управления наполнением остается закрытым.

В результате вращения ротора, когда ролики начинают скользить по

сбегу- **Рис. 2.6. Принцип действия нагнетательной**

схему профилю кулачков, плунжеры меняют направление движения на противоположное и расходятся от центра к периферии, увеличивая объем камеры высокого давления. В этом случае топливо начинает поступать в направлении наполнения по открытому каналу наполнения, заполняя увеличивающийся объем камеры высокого давления. Как только плунжеры сместятся на величину высоты профиля кулачка, электромагнитный клапан снова открывается согласно командам электронного модуля для выполнения следующего впрыска. Камера высокого давления при этом будет заполнена топливом.

Положение плунжеров относительно профилей кулачков кулачкового кольца зависит от угла поворота вращающегося ротора, поэтому электронный модуль управления постоянно контролирует угловое положение ротора согласно поступающим сигналам с датчика положения ротора (приводного вала) ДПР (см. рис. 2.3). Клапан управления наполнением расположен напротив торца ротора, для удобства объяснения принципа его действия на схеме положение клапана показано произвольно.



2.2.5. Механизм управления моментом впрыска.

Механизм управления впрыском представляет собой комплексное устройство, включающее датчик угла поворота ротора (угловых импульсов), механизм разворота кулачкового кольца (автомат опережения впрыска) и электромагнитный клапан управления впрыском. Механизм управляется модулем ТНВД и обеспечивает впрыск топлива в моменты, оптимальные для данных условий эксплуатации двигателя, рассчитываемые по сигналам датчиков частоты вращения коленчатого вала, нагрузки и датчиков, регистрирующих состояние двигателя. Расчет оптимального момента впрыска осуществляется электронным блоком управления двигателем, который обрабатывает полученную информацию и сообщает электронному модулю управления насосом расчётные данные топливоподачи – количество (дозу) топлива и момент впрыска.

Электронный модуль определяет действительное положение поршней, для которых был рассчитан момент впрыска и обеспечивает начало впрыска топлива в соответствии с расчётными значениями. Для определения положения поршней модулем используются сигналы угловых импульсов с датчика положения ротора.

Точное значение угла опережения впрыска устанавливается с помощью дополнительных приращений согласно значениям частоты вращения приводного вала ТНВД и действительного значения угла опережения.

Устройства ТНВД, при помощи которых обеспечивается изменение момента впрыска, изображены на рис. 2.3, для лучшего отображения некоторые из них показаны в развернутом положении относительно оси ТНВД:

- 1 - электронный блок управления двигателем;
- 2 - электронный модуль ТНВД;
- 3 - топливоподкачивающий насос (повернут на 90°);
- 4 - датчик положения ротора (угловых импульсов);
- 5 - кулачковое кольцо с радиальными плунжерами (повернут на 90°), входящий в состав нагнетательной секции;
- 7 - автомат опережения впрыска (повернут на 90°);
- 8 - электромагнитный клапан управления моментом впрыска;

Для обеспечения управления моментом впрыска топлива в заданные моменты времени используется информация о нагрузке, частоте вращения коленчатого вала, положении ротора ТНВД и температуре двигателя.

Электронный блок 1 собирает и анализирует информацию о состоянии двигателя согласно сигналам, поступающим с датчиков, и сообщает модулю 2 ТНВД установочные данные по величине угла опережения впрыска топлива. Задачей модуля является обеспечение впрыска топлива соответственно установочным значениям. Модуль рассчитывает угловое положение ротора на основании угловых импульсов, поступающих с датчика положения ротора 4, и вырабатывает команду в форме импульсного тока переменной скважности для приведения в действие электромагнитного клапана 8.

Клапан открывается средней силой тока, при этом его подвижный соленоид открывает сливной канал, обеспечивая проходное сечение канала, кратное скважности тока управления. Топливо начинает сливаться из автомата опережения впрыска 7, чем изменяется величина управляющего давления, действующего на поршень автомата. Поршень перемещается в направлении, перпендикулярном оси ротора и разворачивает при этом кулачковое кольцо 5 на определённый угол. В результате разворота кольца ролики ротора будут набегать на внутренние кулачки кольца в более ранние или поздние моменты времени, то есть нагнетание давления, и впрыск топлива будут происходить в изменившиеся моменты времени. Ранний или поздний моменты впрыска зависят от направления перемещения поршня и углового перемещения кольца 5, задаваемых током управления электромагнитным клапаном 8.

На некоторых моделях автомобилей в целях повышения точности управления моментом впрыска топлива дополнительно используется информация о действительном моменте начала впрыска, которой является сигнал датчика подъема иглы форсунки. На двигатель устанавливается один датчик, встроенный в одну из форсунок. Сигнал с этого датчика используется для корректировки фактического начала момента впрыска топлива и приведения его к расчетному значению.

Датчик подъема иглы является необязательным, поэтому отдельные производители, например Ford и Opel, отказываются от его применения. Выход из строя датчика не приводит к изменениям в работе двигателя, так как система управления в этом случае переходит на управление момента, используя информацию с других датчиков.

2.3. Функции управления ТНВД VP44.

Топливный насос высокого давления VP44 обеспечивает цилиндры двигателя топливом в необходимом количестве и подачу топлива в оптимальные для текущего режима работы моменты времени. Электронный модуль EDU при этом исполняет дозирование

впрыскиваемого топлива и производит инъекцию в требуемые контроллером ECU моменты времени. Для этого модуль получает всю необходимую информацию, в том числе о расчетном количестве топлива и скорости двигателя. Требуемое для работы дизеля количество топлива определяется водителем, который выбирает скорость движения автомобиля из сложившихся условий эксплуатации, поэтому исходной информацией является количество топлива, задаваемое водителем.

2.3.1. Акселераторная характеристика.

Водитель при управлении автомобилем задает необходимое для движения количество топлива, изменяя положение педали акселератора. Размещенный на педали датчик положения преобразует угловое положение педали в уровень электрического напряжения, который воспринимается контроллером как величина нагрузки. Положение педали устанавливается водителем, исходя из его желания поддержать оптимальную скорость автомобиля. В зависимости от изменения педали акселератора система управления обеспечивает впрыск оптимальных количеств топлива, значения которых записаны в память контроллера в форме матриц данных. Зависимость количества впрыскиваемого топлива, задаваемого водителем для достижения необходимой скорости, называется *акселераторной характеристикой*. Акселераторная характеристика показывает изменение количества впрыскиваемого топлива в зависимости от угла открытия дросселя (степени нажатия на педаль акселератора) и от числа оборотов, развиваемых двигателем. Акселераторную характеристику можно рассматривать как реакцию системы управления на намерение водителя обеспечить оптимальные условия эксплуатации автомобиля в имеющихся дорожных условиях. Количество топлива, необходимого для работы двигателя, является фактически отображением величины нагрузки. Акселераторная характеристика для ТНВД с высоким давлением впрыска приведена на рис. 2.7.

Примечание:

Характеристика отражает общие условия, необходимые для оптимального управления рабочим процессом дизелей (см. табл. 1) с прямым впрыском топлива под высоким давлением TDI, и выполнена для условного двигателя мощностью не более 110 л.с. (80 кВт). Для анализа работы дизеля с ТНВД VP44 можно использовать только общие закономерности характеристики.

При отпущенной (ненажатой) педали акселератора ее начальное положение соответствует углу открытия **0...3%**. При этом угле открытия количество топлива, поступающего в цилиндры, ограничивается количеством, необходимым для пуска. Непосредственно после начала старта поступление топлива значительно снижается при достижении дизелем оборотов устойчивого воспламенения топлива примерно **600 об/мин**. Это количество топлива корректируется в зависимости от температуры двигателя, влияющей на потерю развиваемой мощности на преодоление повышенного трения на холодном двигателе. При достижении оборотов холостого хода **900 об/мин** подача топлива является минимальной.

Для повышения оборотов коленвала подача топлива увеличивается, при этом контроллер рассчитывает количество топлива, распознавая намерение водителя по величине открытия педали. При частичном открытии педали 30% коленвал может быть раскручен, например, до оборотов 1200, 2500 либо 5400 об/мин, то есть до максимальных оборотов, при этом подача топлива будет снижаться только при условии движения с понижением общей нагрузки.

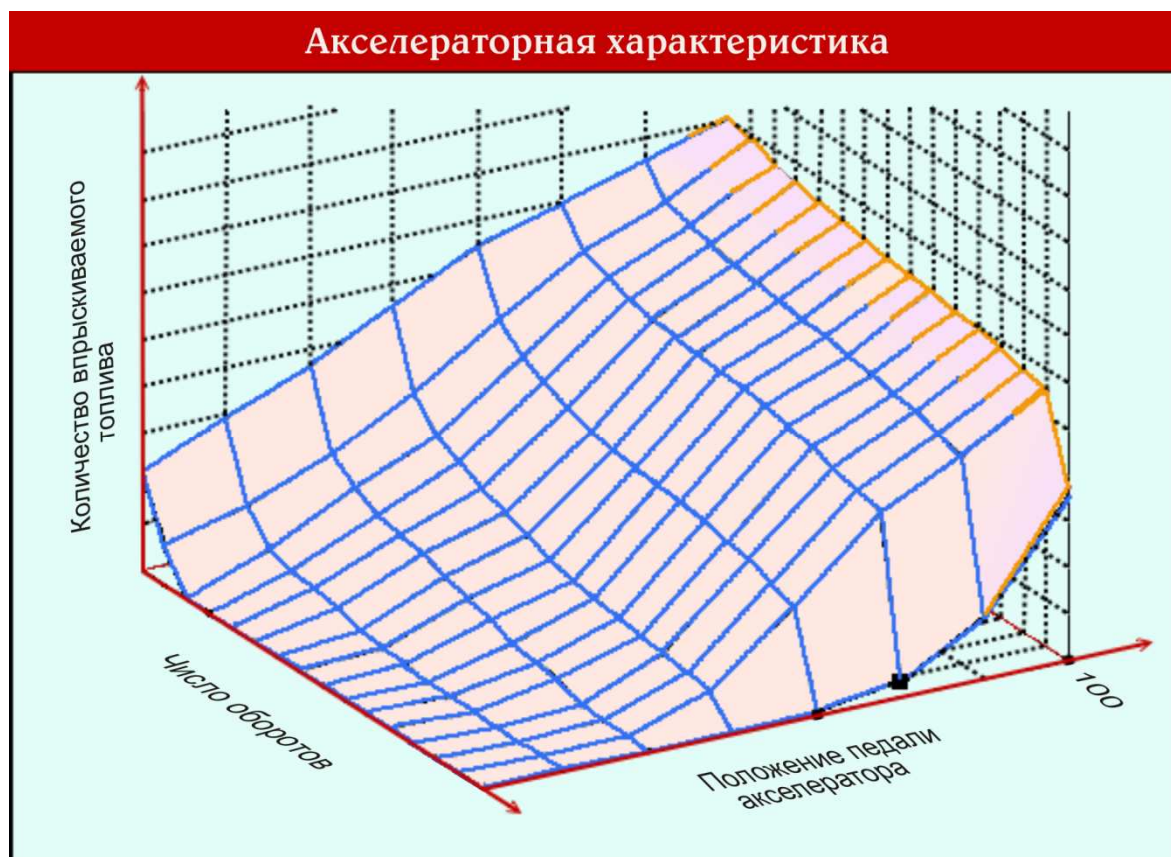


Рис. 2.7. Акселераторная характеристика.

Если автомобиль движется, преодолевая возрастающую нагрузку, а двигатель работает при этом в среднем диапазоне оборотов, например 2500 об/мин, то водитель увеличивает угол открытия педали, который может составлять 45, 60, 80 и 100% (педаль нажата до упора). Для преодоления возрастающей нагрузки двигатель должен увеличить развиваемую мощность за счет увеличения подачи топлива.

2.3.2. Характеристика впрыска с ТНВД VP44.

Требуемые параметры, обеспечивающие минимальный расход топлива и наилучшую эмиссию при достижении максимальной мощности, рассчитываются контроллером двигателя в зависимости от нагрузки, частоты вращения и состояния двигателя и обеспечиваются исполнительными устройствами ТНВД – управляемыми от электронного модуля электромагнитными клапанами управления наполнения (дозированием) топливом и опережения момента впрыска. Дизельные двигатели с впрыском топлива под высоким давлением занимают ведущее положение в применении на автомобилях благодаря высокой экономичности и низкой эмиссии выхлопных газов.

ТНВД VP44 является в этой связи дальнейшей модернизацией развития систем впрыска топлива и продолжением политики дизеля, развиваемой Bosch и которая направлена на достижение высоких технико-экономических показателей на основе использования электронных средств управления. Использование высоких значений давления впрыска топлива позволяют достичь более высоких показателей по:

- токсичности выхлопа;
- уровню шума от процесса сгорания;
- удельному расходу топлива.

Повышение давления впрыска топлива при высоких технико-экономических требованиях обязывает к обеспечению точной дозировки, однородности распыления топлива при высокой точности начала подачи топлива и его оптимизации на всех режимах работы двигателя.

2.3.2.1. Задачи впрыска.

При постоянном начале момента впрыскивания топлива и возрастающей частоте вращения двигателя увеличивается угловое значение между началом впрыскивания и началом сгорания топлива, выраженное по углу поворота коленчатого вала, благодаря чему начало сгорания начинает не соответствовать оптимальным моментам относительно положения поршней в цилиндрах.

Наилучшее сгорание и высокая производительность дизельного двигателя на любой частоте вращения и нагрузках достигаются только при определенном положении коленчатого вала и соответственно поршней. При отклонении момента впрыска от оптимальных значений работа двигателя может характеризоваться следующим:

- если впрыск и сгорание происходят раньше прихода поршня в ВМТ и начало сгорания начинает опережать оптимальные значения, то давление сгорания резко возрастает, тормозя движение поршней и приводя к «жесткой» работе двигателя. Как следствие раннего впрыска является повышение температуры в камере сгорания. Конечным результатом раннего впрыска является снижение мощности двигателя и увеличение вредных выбросов NO_x .
- если впрыск и сгорание начинают происходить в более поздние моменты относительно оптимальных значений, то топливо не успевает полностью сгореть до открытия выпускных клапанов, благодаря чему мощность двигателя также понижается, при этом наблюдается увеличение выброса несгоревших углеводородов.

Мгновенное положение поршня влияет на движение воздушной массы в камере сгорания, ее плотность и температуру, что сказывается на качестве и скорости смешивания топлива с воздухом.

На момент воспламенения горючей смеси оказывает значение температура в камере сгорания, которая зависит от оборотов двигателя. При повышении частоты вращения увеличивается время от начала впрыска топлива до начала его воспламенения.

Все перечисленные факторы должны учитываться устройством изменения моментом впрыска и программным обеспечением электронного контура управления. Изменение угла опережения впрыска топлива, заключается в переносе на более ранние или поздние сроки момента впрыскивания топлива при изменении частоты вращения коленчатого вала, автоматически обеспечиваемое устройством опережения впрыска топлива. При повышении частоты вращения коленчатого вала впрыск должен производиться в более ранние моменты времени, при снижении частоты вращения и увеличении нагрузки – в более поздние.

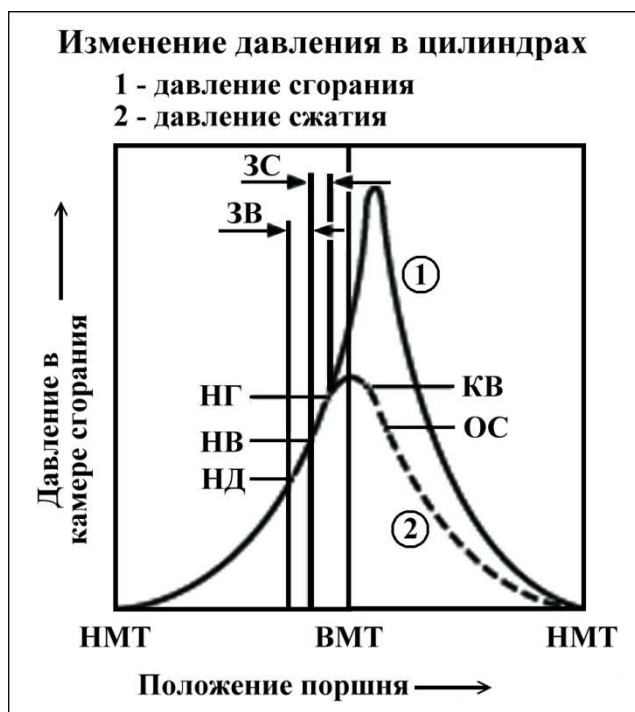
Момент впрыска выражается в угловых единицах измерения и оценивается по углу поворота коленвала. Для объяснения взаимодействия различных исполнительных устройств и датчиков в составе ТНВД, обеспечивающих управление моментом впрыска, момент впрыска может оцениваться по углу поворота приводного вала ТНВД или ротора, который составляет $\frac{1}{2}$ угла поворота коленвала.

2.3.2.2. Техническая характеристика процесса впрыска.

Впрыск топлива обеспечивается в моменты, обеспечивающие достижение максимального значения давления в цилиндрах в результате сгорания топлива непосредственно после прохождения поршнем ВМТ. Характеристика изменения давления в цилиндрах при оптимальном значении угла опережения впрыска показана на рис. 2.8.

Согласно характеристике давление компрессии **2** возрастает равномерно соответственно угловому положению коленвала или положению поршня относительно **ВМТ**. Максимальное значение давления сжатия достигается при положении поршня в **ВМТ**. Давление сгорания **1**, образующееся в результате увеличения объема газовой смеси при сгорании, резко возрастает после начала сгорания. Пик давления сгорания при оптимальном воспламенении находится в непосредственной близости от **ВМТ**, но после ее прохождения. Впрыск топлива обеспечивается за счет открытия топливных форсунок высоким давлением. *Начало нарастания давления* топлива **НД** начинается в момент времени, выраженный в градусах поворота коленвала, в который электромагнитный клапан наполнения запирает топливоподающий канал, и камера высокого давления становится герметичной. В результате рабочего хода плунжеров и нарастания давления топлива происходит открытие топливных форсунок высоким давлением. Топливо начинает впрыскиваться через распылительные сопла - дюзы.

Момент времени, при котором открываются топливные дюзы, отмечен точкой **НВ** - *начало впрыска*. Начала возрастания давления **НД** и *начало впрыска* **НВ** практически не влияют на изменение давления в камере сгорания, и рост давления в этих точках совпадает с давлением сжатия.



С момента начала впрыска вследствие продолжения рабочего хода плунжеров отмечается дальнейшее нарастания давления нагнетания топлива, что отображено на рис. 2.9. Это давление от камеры высокого давления распространяется на сопло форсунки, обеспечивая ее открытие и впрыск топлива.

Время между началом нарастания давления и началом впрыскивания топлива называется *временем задержки впрыска* **ЗВ**. Насос высокого давления VP44 обеспечивает продолжение нагнетания давления на форсунках после их открытия. Давление открытия p_0 составляет около 600 бар ($\text{кг}/\text{см}^2$), после чего давление нагнетания продолжает нарастать, достигая максимального значения при подходе поршня к **ВМТ**.

Момент опережения впрыска топлива на

Рис. 2.8. Характеристика изменения давления. максимальных оборотах по углу поворота коленвала составляет $8^\circ \cdot 2 = 16^\circ$, у некоторых двигателей максимальное опережение впрыска может достигать 21° .

Распыленное форсунками топливо попадает в камеру сгорания с высоким давлением и температурой. Для обеспечения воспламенения топлива, поступающего в камеру сгорания при низкой температуре, должно быть нагрето до температуры воспламенения. Нагрев топлива до температуры воспламенения происходит естественным путем в результате контакта с раскаленным воздухом и стенками камеры сгорания, на что затрачивается дополнительное время. При достижении температуры воспламенения происходит возгорание топлива. Момент начала сгорания обозначен на рис. 2.8 точкой **НГ** - *начало сгорания*. Промежуток времени между началом впрыскивания **НВ** и началом сгорания **НГ** является *временем запаздывания воспламенения* (сгорания) - **ЗС**.

Рис. 2.9. Давление нагнетания топлива.

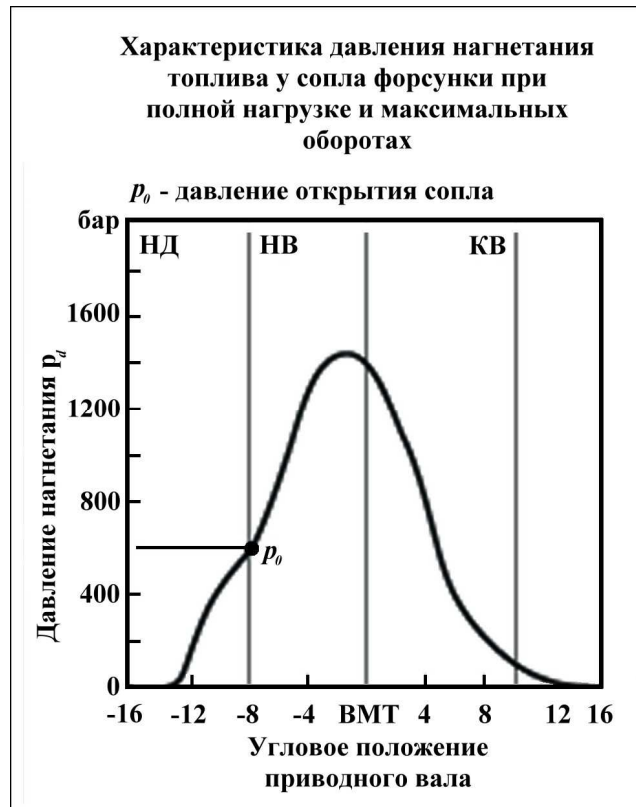
При вращении коленчатого вала модулем EDU распознается его угловое положение по сигналам датчика угловых импульсов, в расчётный момент EDU дает команду на прекращение впрыска. Команда заключается в подаче импульса тока на электромагнитный клапан управления наполнением, в результате чего клапан снова открывается. Благодаря закрытию клапана и нагнетательного канала топливо начинает сливаться обратно во внутреннюю полость ТНВД. Высокое давление топлива резко сбрасывается до уровня низкого давления, вследствие чего топливные форсунки закрываются, и прекращается впрыск топлива.

Момент прекращения впрыска топлива обозначен точкой **КВ** – *завершение (окончание) впрыска*. После завершения впрыска происходит сгорание остатков чистого топлива, рост давления в цилиндрах достигает максимума в момент завершения сгорания, что соответствует точке **ОС** – *окончание (завершение) сгорания*.

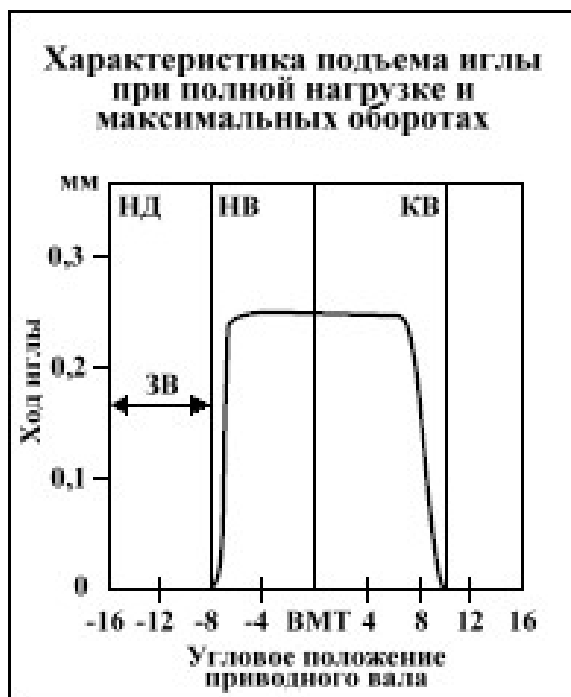
В процессе впрыска топлива под высоким давлением через дюзы топливных форсунок возникает ударная волна, которая распространяется со скоростью звука в топливопроводе высокого давления. Время распространения ударной волны зависит от длины топливопровода высокого давления и скорости распространения звука в дизельном топливе, составляющей около 1500 м/с.

Время распространения волны является временем между началом роста давления **НД** началом впрыска **НВ**, поэтому указывается также как время задержки впрыска **ЗВ**. Запаздывание впрыска является по существу не зависящим от частоты вращения, тем не менее, угол поворота коленчатого вала между началом возрастания давления и началом впрыска реально увеличивается совместно с частотой вращения коленчатого вала. Вследствие этого открытие дюзы (распылителей) топливных форсунок должно запаздывать относительно положения поршней цилиндров. Характеристика хода иглы форсунки, обеспечивающего открытие и поддержание открытого положения дюзы форсунки изображена на рис. 2.10.

Как видно, начало хода иглы в момент 8° до прихода поршня в **ВМТ** совпадает с началом впрыска топлива, а завершение впрыска обеспечивается запираемостью дюз при положении ротора 10° после прохождения поршнем **ВМТ**. Общая длительность впрыска топлива при полной нагрузке и максимальных оборотах составляет 18° по углу поворота ротора (36°



по коленчатому валу). Начало хода иглы распознается контроллером по сигналу датчика хода. Для данного примера в случае несовпадения начала подъема иглы с положением ротора 8° до ВМТ контроллер сообщает модулю управления ТНВД величину поправки.



Согласно поправке модуль обеспечивает при помощи клапана управления моментом впрыска корректировку положения кулачкового кольца так, что кольцо занимает положение, обеспечивающее подъем иглы и начало впрыска в расчетном положении. После завершения процесса впрыска дизельному топливу необходимо определенное время, чтобы перейти в газообразное состояние, перемешаться с воздухом и образовать горючую смесь. Необходимый период времени между началом впрыска и началом сгорания не зависит от частоты вращения двигателя и является по существу задержкой воспламенения дизельного двигателя.

Рис. 2.10. Характеристика подъема иглы.

Дополнительно на рис. 2.8 приняты обозначения:

1 - давление сгорания (давление газов в камере сгорания);

2 - давление сжатия или компрессии

(давление в цилиндрах при отсутствии воспламенения вследствие такта сжатия);

ВМТ - верхняя мертвая точка (0° рабочего процесса по углу поворота коленчатого вала);

НМТ - нижняя мертвая точка.

Отрицательные значения углового положения привода вала означают положение поршня до прихода в ВМТ.

На запаздывание воспламенения в большей мере влияют следующие факторы:

- способность дизельного топлива к самовоспламенению (зависит от цетанового числа);
- условия уплотнения трубопроводов высокого давления;
- условия уплотнения камеры сгорания (зависит от степени сжатия и степени износа двигателя);
- температура воздуха;
- степень распыления и дробления дизельного топлива.

2.3.3. Регулирование момента впрыска топлива.

Исполнительным устройством, обеспечивающим впрыск топлива в расчетные моменты времени, задаваемые углом опережения впрыска и выраженные в градусах поворота коленвала до прихода поршня в ВМТ, является электромагнитный клапан автомата опережения впрыска (см. рис. 2.3). Электромагнитный клапан управляет перемещением исполнительного поршня автомата опережения, изменяющего угловое положение кулачкового кольца, от которого зависит начало или момент впрыска топлива. Регулирование момента впрыска топлива производится в зависимости от частоты вращения двигателя и количества впрыскиваемого топлива как меры нагрузки на двигатель. Момент впрыска устанавливается по угловому положению коленчатого вала и выполняется до прихода поршня в ВМТ, поэтому расчет момента производится в градусах поворота коленвала. Действитель-

ное начало впрыска топлива, выраженное в градусах угла поворота коленвала до прихода поршня в ВМТ называется *углом опережения впрыска*.

Базовый угол опережения впрыска топлива рассчитывается контроллером в зависимости от частоты вращения коленвала и расчетной массы топлива. Параметры впрыска топлива имеют сложную функциональную зависимость, их оптимальные значения записаны в программируемую память в форме матрицы данных.

Графическое отображение матрицы моментов впрыска топлива для дизельных двигателей приведено на рис. 2.11. Матрица моментов впрыска, или *моментная характеристика*, устанавливает значения углов опережения/запаздывания впрыска в зависимости от нагрузки на двигатель (количество топлива) и скорости двигателя (число оборотов).

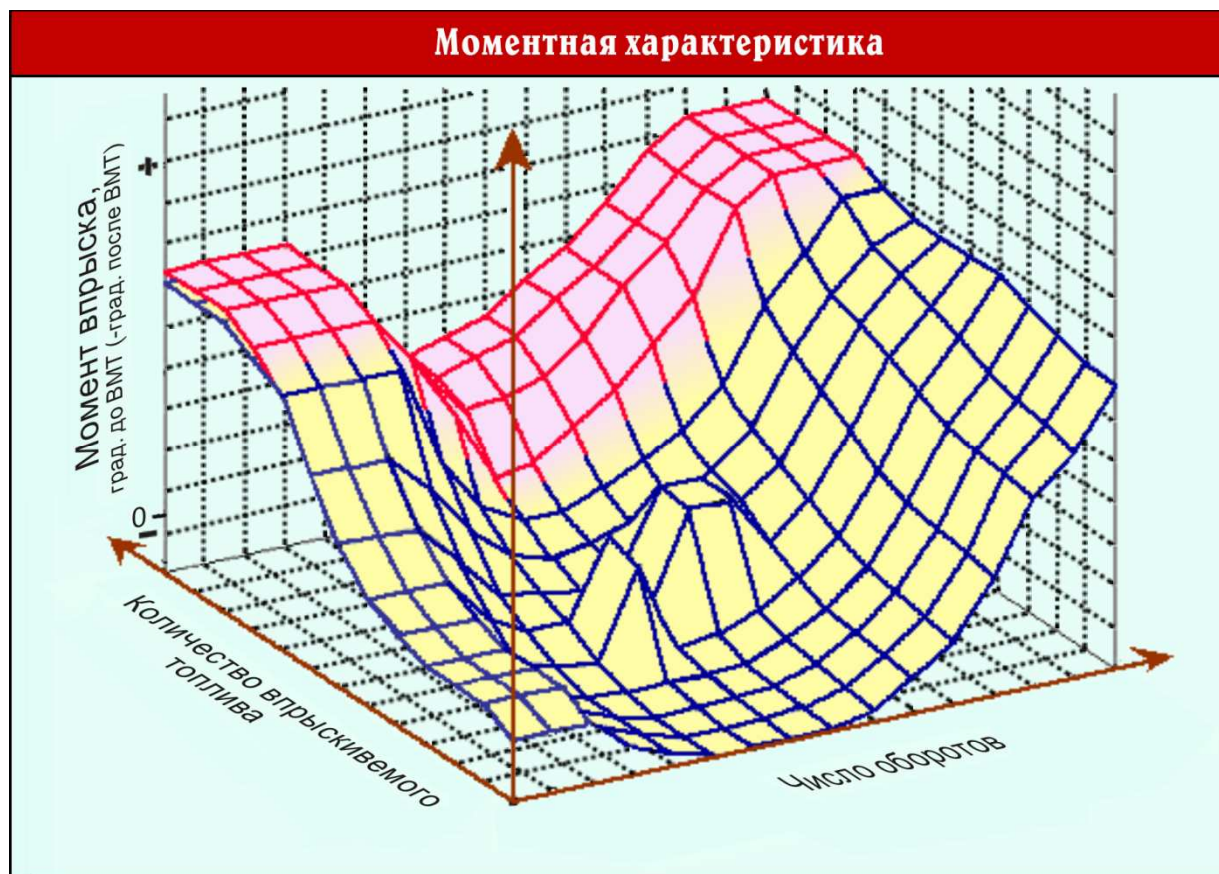


Рис. 2.11. Графическое отображение матрицы моментов впрыска топлива.

Характеристика отображает основные требования по изменению момента впрыска топлива в целях приведения эмиссии выхлопа до минимального содержания в выхлопных газах окислов азота NO_x окиси углерода CO . Значения углов опережения/запаздывания впрыска при этом должны обеспечивать достижение дизелем максимальных значений мощности во всем диапазоне нагрузок при минимальном расходе топлива. Значения моментов впрыска топлива приводятся в градусах угла поворота коленвала при положении поршня до ВМТ (опережение) на такте сжатия или после прохождения им мертвой точки в начале такта рабочий ход (запаздывание). Углы поворота коленвала имеют при этом соответственно положительные и отрицательные значения.

Примечание:

Характеристика отражает общие условия, необходимые для оптимального управления рабочим процессом дизелей (см. табл. 1) с прямым впрыском топлива под высоким давлением TDI, выполнена для условного двигателя мощностью не более 110 л.с. (80 кВт). Для анализа работы дизеля с ТНВД VP44 можно использовать только общие закономерности характеристики.

Характеристика включает в себя диапазон нагрузок, изображенный синим цветом, для которого значения моментов впрыска установлены с целью обеспечения низкой эмиссии выхлопа, и диапазона, изображенного красным цветом, для которого значения моментов впрыска установлены из условия обеспечения высокой динамики движения. Как видно, приоритет чистоте выхлопа отдается работе дизеля на режиме малых и частичных нагрузок, в диапазоне нагрузок, близких к полным, приоритет отдается достижению высоких динамических характеристик.

Чем больше поступает топлива в камеру сгорания, тем длительнее происходит процесс впрыска топлива. Так как временное окно между началом НВ и окончанием КВ впрыска топлива (см. рис. 2.8) не может быть достаточным в диапазоне высокой частоты вращения коленвала, то начало впрыска должно быть перенесено на более ранние моменты. Таким образом, в диапазоне высоких оборотов впрыск топлива производится с опережением, и угол опережения впрыска достигает максимальных значений. Если в цилиндры впрыскивается увеличенное количество топлива, а вращение коленвала происходит на малых оборотах, то угол опережения впрыска также смещается в сторону увеличения. Это объясняется необходимостью увеличения времени для сгорания увеличенного количества топлива и обеспечения максимального давления сгорания в момент преодоления поршнем ВМТ. Более ранние моменты впрыска также необходимы для предупреждения удара струи топлива о днище поршня, что может происходить при впрыске топлива в момент нахождения поршня вблизи ВМТ. Сгорание топлива на поверхности днища поршня приводит к значительному повышению температуры поршня и выгоранию металла перегородок поршня.

При превышении средних оборотов, а также при переходе диапазона средних нагрузок системой управления отменяется действие вспомогательных систем, рециркуляции выхлопных газов, торможения выхлопом. В эти моменты возможно кратковременное повышение оборотов коленвала. Учитывая это явление, в характеристике моментов впрыска имеется узкая область, в которой отмечаются увеличенные значения углов опережения впрыска.

При старте дизеля угол опережения впрыска составляет минимальную величину $0,5^\circ$, непосредственно после выполнения успешного пуска момент впрыска зависит от оборотов и условий работы двигателя, для которых рассчитывается необходимая доза топлива. Необходимо учитывать, что для обеспечения успешного пуска горючая смесь обогащается, а после достижения дизелем оборотов устойчивого воспламенения **600 об/мин** подача топлива резко снижается.

При движении на малых нагрузках и малых оборотах коленвала, когда скорость поршня низкая, впрыск топлива происходит на такте рабочий ход, и момент впрыска происходит с запаздыванием в диапазоне углов $0...-2,5^\circ$. При движении с частично нажатой педалью акселератора (средние нагрузки) и в случае возрастания скорости вращения коленвала угол опережения впрыска должен возрастать от 5° до 15° . Если, наоборот, скорость двигателя сохраняется постоянной, например, составляет среднее число оборотов 2500 об/мин, а нагрузка постоянно увеличивается, то момент впрыска топлива изменяется сложным образом. Для преодоления возрастающей нагрузки водитель должен постоянно увеличивать угол открытия педали акселератора, вследствие чего контроллер увеличивает расчетное количество впрыскиваемого топлива кратно увеличению сигнала с датчика положения педали. При увеличении угла открытия педали акселератора подача топлива в цилиндры возрастает (см. акселераторную характеристику, рис. 2.7). Во время работы двигателя в диапазоне частичных нагрузок при увеличении подачи топлива угол опережения впрыска уменьшается примерно от $4,3^\circ$ до $1,4^\circ$, обеспечивая низкую токсичность и чистоту выхлопа. В диапазоне нагрузок, близких к полным, возрастает масса впрыскиваемого топлива, которому при постоянной скорости поршня требуется больше времени для полного сгорания, вследствие чего угол опережения впрыска топлива начинает увеличиваться. Благодаря увеличению количества впрыскиваемого топлива угол опережения впрыска возрастает, примерно, в диапазоне от $2,2^\circ$ до $7,4^\circ$.

В память электронного модуля управления насосом записаны массивы базовых значений углов опережения впрыска в зависимости от частоты вращения и количества впрыскиваемого топлива. Фактическое количество впрыскиваемого топлива является расчетной величиной и определяется в результате умножения базового количества на поправочные коэффициенты. В память модуля записываются массивы поправочных коэффициентов, которые в зависимости от состояния двигателя и внешних факторов извлекаются микропроцессором из памяти для расчета скорректированного фактического количества топлива. Исходя из фактического количества топлива, устанавливается окончательное значение момента впрыска.

Поправочные коэффициенты записаны для изменяемых диапазонов температуры двигателя, температуры воздуха на впуске, внешнего давления. При эксплуатации автомобиля в гористой местности при высоте над уровнем моря свыше **1500м** величина давления вносит существенные поправки на количество впрыскиваемого топлива. Основными датчиками для определения момента впрыска являются датчик положения ротора, определяющий угловое положение ротора, и ВМТ-датчик, предназначенный для расчета частоты вращения коленвала и положения поршня в каждом цилиндре относительно ВМТ. Наличие совместных сигналов с этих датчиков позволяет идентифицировать положение поршня цилиндра #1 (или #3) относительно ВМТ в окончании такта сжатия. Положение прочих цилиндров относительно ВМТ рассчитывается микропроцессором согласно порядку работы двигателя и импульсам с ВМТ-датчика. Количество импульсов, поступающих на ЭБУ двигателя с ВМТ-датчика в течение одного оборота коленвала соответствует числу цилиндров.

Доступ к датчику положения ротора ограничен и возможен только после разборки ТНВД, поэтому проверка работоспособности датчика может быть выполнена с использованием косвенных приемов. Расположение датчика изображено на рис. 2.12.

Микропроцессор использует сигналы с обоих датчиков для расчета точной позиции ротора, в которой должно происходить начало впрыскивания топлива, и обеспечивать при помощи исполнительного поршня автомата опережения впрыска поворот кулачкового кольца в расчетную позицию.

В целях повышения точности и контроля действительного начала момента впрыска в цифровой системе управления может использоваться датчик начала впрыска, устанавливаемый в одной из форсунок, обычно первого цилиндра. Датчик вырабатывает электрический сигнал в момент подъема иглы форсунки, что соответствует началу впрыска. Сигнал с датчика поступает на электронный модуль и сравнивается с расчетным значением. Сигнал с датчика подъема иглы форсунки начинает учитываться в расчете момента впрыска, если его величина отличается от расчетной. Это означает, что действительное начало впрыска топлива происходит в моменты, отличающиеся от расчетных. В этом случае сигнал с датчика используется для корректировки положения поршня автомата с тем, чтобы действительное начало впрыска топлива привести в точное соответствие расчетному значению. Основным параметром, используемым для определения момента впрыска, является, таким образом, расчетное значение.



Рис. 2.12. Расположение датчика положения ротора в ТНВД.

2.3.4. Управление дозированием топлива.

2.3.4.1. Характеристика впрыска.

В системах управления VP44 топливо впрыскивается в цилиндры механическими форсунками под высоким давлением, превышающим 1200 бар. Высокое давление необходимо для обеспечения дробления топлива до атомарного уровня, в результате чего достигается высокая степень распыления топлива, при которой топливные частицы на уровне атомов непосредственно контактируют с атомами кислорода воздуха и практически моментально начинают вступать в химическую реакцию окисления, или горения. В этом случае (см. рис. 2.8) время запаздывания воспламенения **ЗС**, по определению лежащее между временем начала впрыска **НВ** и временем начала сгорания **НГ**, сокращается до минимума.

Повышение качества распыла топлива и снижение времени запаздывания воспламенения способствуют более полному сгоранию топлива и приведению норм токсичности выхлопа до минимального уровня. Возросшие требования по чистоте выхлопа явились необходимым условием для повышения давления впрыска. Системы VP44 позволяют использовать давление впрыска до **1800 бар**.

Повышение давления впрыска вызывает необходимость повышения точности дозирования, так как при высокой величине давления впрыскиваемого топлива в результате отклонений действительных значений времени нарастания давления **НД** и завершения впрыска **КВ** от расчетных будет наблюдаться значительное несоответствие оптимальным значениям реального соотношения количества впрыскиваемого топлива и количества воздуха в цилиндрах. Это несоответствие приведет в свою очередь к снижению мощностных параметров и повышению эмиссии выхлопа.

Эффективная работа системы управления во многом зависит, таким образом, от эффективности нагнетательной секции, ответственной за нагнетание давления и дозирование количества впрыскиваемого топлива. Дозирование заключается в достижении фактических значений времени начала впрыска **НВ** и завершения впрыска **КВ**, в промежутке между которыми происходит реальное поступление топлива в цилиндры, расчетным значениям.

Высокими требованиями к точности дозирования объясняется применение в ТНВД VP44 нагнетательной секции и клапана управления наполнением принципиально новой конструкции.

2.3.4.2. Прозрачность выхлопа.

Характеристика отображает ограничение количества впрыскиваемого топлива, необходимого для достижения нормальной «прозрачности» выхлопа или приведения дымности до допустимой нормы. Нормально отрегулированный дизель с оптимальной характеристикой имеет прозрачный выхлоп при отсутствии признаков появления белого, серого и черного цветов выхлопных газов. Ограничение топливоподачи выполняется в зависимости от массы всасываемого воздуха при различных числах оборотов. Характеристика прозрачности выхлопа приведена на рис. 2.13.

Примечание:

Характеристика отражает общие условия, необходимые для оптимального управления рабочим процессом дизелей (см. табл. 1) с прямым впрыском топлива под высоким давлением TDI, выполнена для условного двигателя мощностью не более 110 л.с. (80 кВт). Для анализа работы дизеля с ТНВД VP44 можно использовать только общие закономерности характеристики.

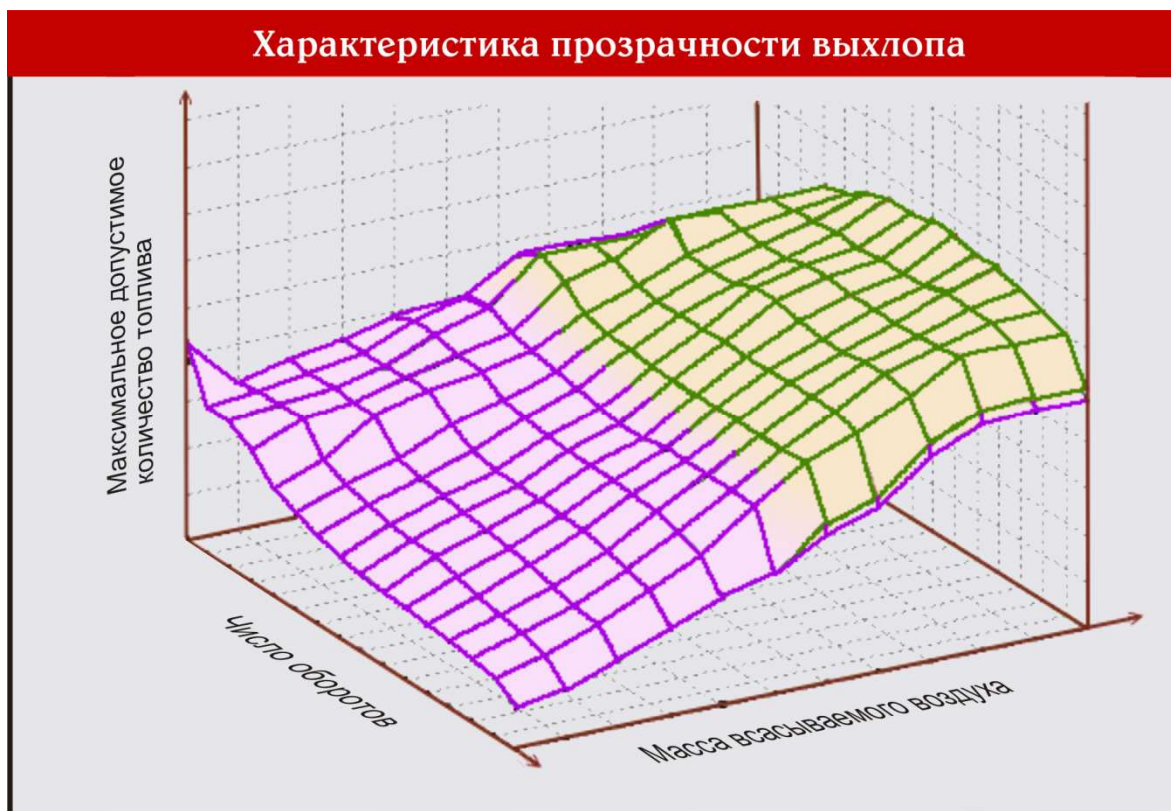


Рис. 2.13. Характеристика прозрачности выхлопа.

Во всем диапазоне режимов работы двигателя ограничение количества впрыскиваемого топлива осуществляется в достаточно широких пределах. Регулируемая часть характеристики изображена фиолетовым цветом, нерегулируемая – зеленым цветом. Регулируемая часть включает допустимые нормы впрыскиваемого количества топлива в пределах и установлена средних для диапазона малых и средних нагрузок на двигатель. Нагрузка в данной характеристике оценивается по расходу воздуха. В память контроллера матрица данных по ограничению дымности выхлопа от нагрузки может быть записана в зависимости от величины сигнала датчика нагрузки – датчика положения педали акселератора, если в конфигурации системы управления отсутствует расходомер воздуха.

Нерегулируемая часть характеристики отображает диапазон полных и близких к полным нагрузок, когда для достижения максимальных значений мощности и крутящего момента требуется подача в цилиндры максимального количества топлива, и ограничения по дымности выхлопа в этом случае снимаются.

2.3.4.3. Управление дозированием.

Изменение количества впрыскиваемого топлива обеспечивается электронным блоком управления двигателем ECU (контроллером) согласно сигналам датчика угловых импульсов (оборотов) и датчика положения педали акселератора. Таким образом, базовыми параметрами для расчета количества необходимого топлива являются соответственно частота вращения коленвала и нагрузка на двигатель. На полной нагрузке дополнительно используется сигнал расходомера воздуха с целью контроля и ограничения дымности выхлопа.

Во время выполнения старта пусковое количество впрыскиваемого топлива повышается соответственно величине сигнала температуры двигателя. При повышении температуры охлаждающей жидкости свыше $112\text{ }^{\circ}\text{C}$ количество впрыскиваемого топлива уменьшается для предотвращения перегрева двигателя. Контроллер, на основании величины поступив-

ших сигналов, рассчитывает количество впрыскиваемого топлива и посылает результат электронному модулю EDU.

Впрыск топлива происходит благодаря работе электромагнитного клапана управления наполнением в режиме «Открыт/Закрыт», в течение открытого состояния клапана через его электрическую обмотку проходит импульс тока управления. В зависимости от изменения скважности тока, регулирующей дозу впрыскиваемого топлива, изменяется также величина напряжения тока управления. В электронных устройствах контроль тока управления производится по уровню напряжения, поэтому величина напряжения тока, поступающего с электронного модуля EDU в обмотку клапана, служит для контроля количества впрыскиваемого топлива. Это утверждение иллюстрирует простейшая модель формирования напряжения насоса, которая приведена на рис. 2.14. Напряжение сигнала управления клапаном является по своей сути *управляющим напряжением*, в других источниках оно может называться насосным напряжением (Pumpenspannung – нем. или Pump voltage – англ.).



Рис. 2.14. Простейшая модель формирования управляющего напряжения.

Сигнал IEM (Импульс-Расширение-Модуляция) является базовым в расчете величины управляющего напряжения.

$$U_p = P_d \cdot K_{mod} \cdot U_{max} \quad (6)$$

где: U_p – управляющее напряжение, V;

P_d – насосное число, (подача топлива в миллиграммах за один рабочий ход плунжеров);

K_{mod} – коэффициент модуляции, %;

U_{max} – максимальное напряжение, V (обычно напряжение питания).

Характеристика ТНВД, устанавливающая закономерность изменения управляющего напряжения в зависимости от нагрузки (количества впрыскиваемого топлива) и оборотов, называется вольт-насосной характеристикой. Общий вид характеристики приведен на рис. 2.15.

Примечание:

Характеристика отражает общие условия, необходимые для оптимального управления рабочим процессом дизелей (см. табл. 1) с прямым впрыском топлива под высоким давлением TDI, выполнена для условного двигателя мощностью не более 110 л.с. (80 кВт). Для анализа работы дизеля с ТНВД VP44 можно использовать только общие закономерности характеристики.

Управляющее напряжение насоса - моментное значение регулирующего напряжения на клапане управления наполнением ТНВД, ответственном за количество впрыскиваемого

топлива. В течение времени впрыска одной дозы топлива величина напряжения насоса является средней величиной напряжения импульса управления (см. рис. 2.5). Значение напряжения кратно количеству впрыскиваемого топлива, повышение напряжения означает увеличение количества впрыскиваемого топлива, понижение - уменьшение дозы.

Вольт-насосная характеристика отображает состояние гидравлических устройств ТНВД, ответственных за впрыск топлива, в зависимости от оборотов и нагрузки на двигатель.

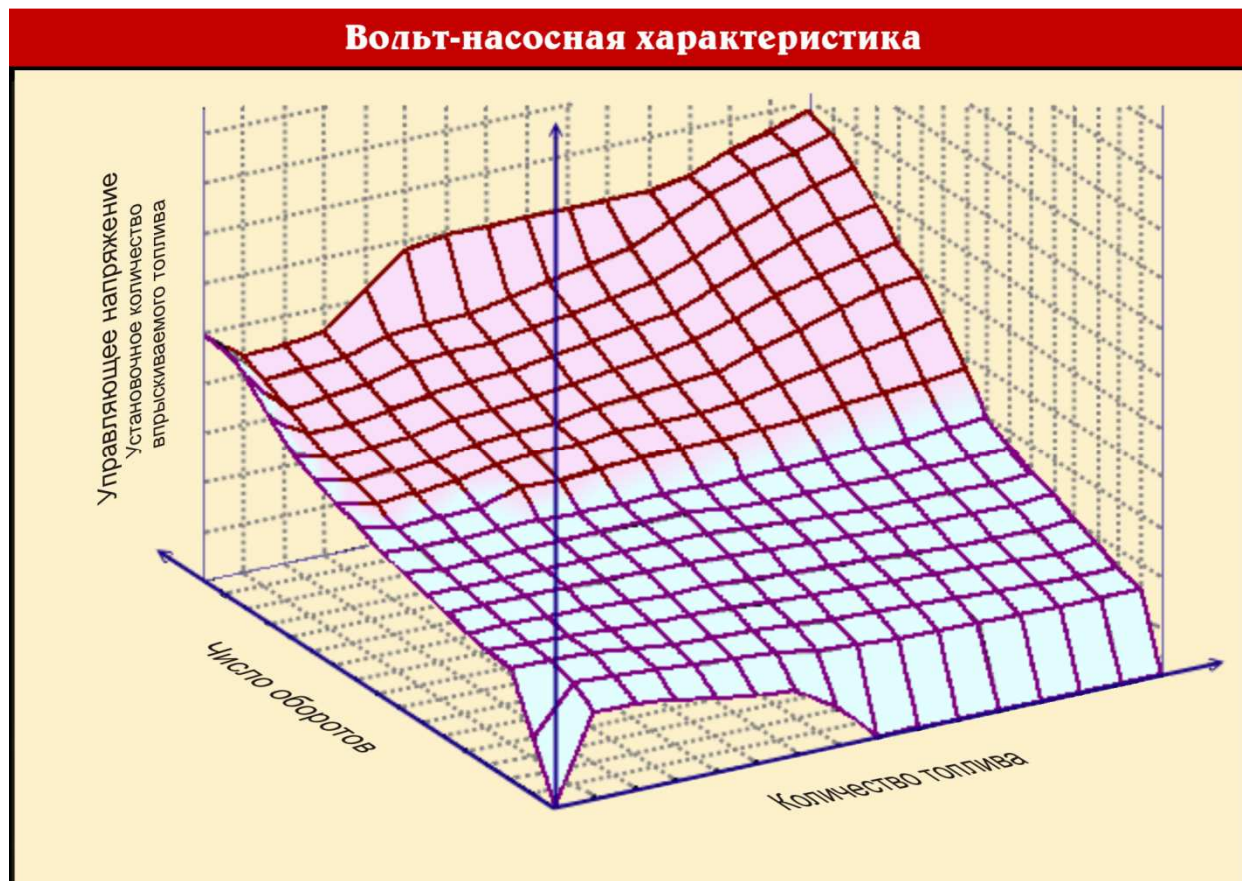


Рис. 2.15. Характеристика топливоподачи.

Напряжение насоса - моментное значение регулирующего напряжения на клапане управления наполнением ТНВД, ответственном за количество впрыскиваемого топлива. Напряжение насоса используется для регулирования количества впрыскиваемого топлива. В течение времени впрыска одной дозы топлива величина напряжения насоса является средней величиной напряжения импульса управления. Форма импульса управления электромагнитным клапаном управления наполнением приведена на рис. 2.16. Значение средней величины напряжения импульса кратно количеству впрыскиваемого топлива, повышение напряжения означает увеличение количества впрыскиваемого топлива, понижение - уменьшение дозы, так как средняя величина напряжения пропорциональна длительности действия импульса t_i (см. рис. 2.5).

Горизонтальные оси гидравлической характеристики означают обороты и нагрузку на двигатель, при этом нагрузка выражена через количество впрыскиваемого топлива, которое задается водителем за счет изменения положения педали акселератора. Эта зависимость отображена на приведенной выше акселераторной характеристике.

На характеристике имеется участок в области малых оборотов и малых значений управляющего напряжения, на котором подача топлива запрещена, то есть управляющее напряжение равно нулю. Эта область соответствует стартовым оборотам начала воспламенения топлива, что для дизелей с высоким давлением впрыска составляет диапазон примерно **0...40 об/мин**. Таким образом, пусковая подача топлива устанавливается на оборотах

выше **40 об/мин** и на уровне максимальных значений в зависимости от состояния двигателя, в первую очередь от температурного режима.

В диапазоне малых и средних оборотов величина напряжения, соответственно количество впрыскиваемого топлива, изменяются практически пропорционально изменению нагрузки. В диапазоне больших оборотов при увеличении нагрузки подача топлива опережает увеличение нагрузки, что необходимо для обогащения горючей смеси при переходе работы автомобиля на максимальные скоростные и нагрузочные режимы.

До поступления импульса управления клапан нагнетательной секции всегда находится в состоянии готовности к началу впрыска, при которой топливный канал наполнения открыт, а ролики плунжеров перемещаются по обратному профилю кулачков кулачкового кольца. При этих условиях обеспечивается наполнение камеры высокого давления топливом.

Для определения начала впрыска топлива модуль постоянно отслеживает прохождение угловых импульсов с датчика положения ротора, благодаря чему обеспечивается контроль угла поворота ротора, соответственно коленвала. При повороте ротора на угол, при котором поршень цилиндра находится в положении, соответствующем расчетному моменту впрыска, модуль вырабатывает команду электромагнитному клапану управления наполнением в виде импульса тока.

Скважность тока управления и, соответственно, длительность импульса рассчитываются модулем так, чтобы в любой момент времени длительность действия импульса была кратной количеству топлива. Импульс тока управления приводит к срабатыванию клапана управления наполнением, в этом случае клапан запирает топливный канал наполнения, и камера высокого давления становится герметичной. В результате герметизации камеры повышается давление топлива, открывающее форсунки. Топливо впрыскивается в цилиндры во все время открытого состояния клапана. С этого момента модуль отслеживает угол поворота ротора по количеству поступающих угловых импульсов для расчёта длительности реального впрыска. Как только действительный угол поворота ротора совпадет с расчетным, модуль обрывает импульс тока управления, и клапан вновь открывает канал наполнения, прекращая нагнетание давления топлива и обеспечивая закрытие топливных форсунок.

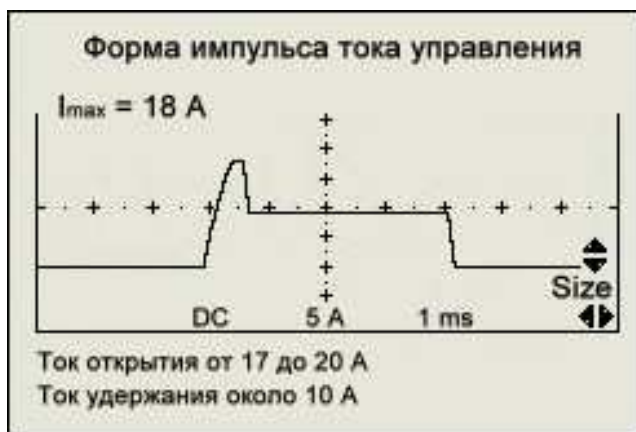


Рис. 2.16. Форма импульса тока управления клапаном наполнения.

2.3.4.4. Наполнение и нагнетание топлива.

К топливным форсункам топливо подается под высоким давлением, которое необходимо для открытия распылительных отверстий и дробления топлива. Закрытие форсунок происходит в результате резкого сброса давления, что соответствует моменту завершения впрыска. Таким образом, количество впрыскиваемого топлива определяется временем нагнетания давления, в течение которого осуществляется впрыск.

Последовательность работы нагнетательной секции приведена в разделе 2.2.4. Подача топлива под высоким давлением обеспечивается работой управляемого электромагнитного клапана высокого давления, управляющего наполнением топливом камеры высокого давления. Клапан двустороннего действия и имеет два состояния – открытое и закрытое. В момент закрытия клапана топливо начинает поступать в камеру высокого давления и заполняет ее. Топливо поступает в направлении наполнения. При поступлении в момент времени НД (см. рис. 2.8 сигнала управления в обмотку клапана клапан закрывает канал наполнения. Распределительный канал ротора при этом совмещается с нагнетательным каналом одной из форсунок. С этого момента начинается нагнетание высокого давления

топлива. Практически моментально давление топлива достигает значения, при котором давлением топлива открывается нагнетательный клапан и далее топливная форсунка цилиндра, для которой рассчитан впрыск. Этот момент времени соответствует началу впрыска **НВ**. Камера высокого давления поддерживается герметичной, и в течение времени открытого состояния клапана происходит впрыск топлива. Продолжение нагнетания давления в течение впрыска топлива обеспечивается за счет набегания роликов по возрастающему профилю кулачков. Дальнейшее перемещение плунжеров в направлении оси ротора при открытом нагнетательном канале и блокировании слива поддерживает рабочий ход. Как только импульс тока управления обрывается, обмотка клапана обесточивается, и он вновь закрывается, но открывает при этом канал наполнения. Камера высокого давления становится разгерметизированной, и топливо за счёт хода плунжеров начинает перетекать по топливному каналу обратно во внутреннюю полость ТНВД в направлении слива. Давление в камере высокого давления резко сбрасывается, благодаря чему происходит последовательное закрытие топливной форсунки и нагнетательного клапана. Впрыск топлива прекращается, момент закрытия форсунок соответствует времени завершения впрыска **КВ**. Нагнетательная секция совместно с клапаном управления наполнением и системой топливных каналов образует контур высокого давления, обеспечивающий дозирование топлива.

2.3.5. Управление электромагнитными клапанами.

2.3.5.1. Назначение и принцип действия датчика положения ротора.

С помощью электромагнитных клапанов обеспечивается установка основных параметров топливоподачи - количества впрыскиваемого топлива и момента впрыска. Требуемые параметры рассчитываются блоком управления в зависимости от нагрузочно-скоростного режима работы и состояния двигателя. Электронный модуль, установленный на топливном насосе, обеспечивает приведение в действие электромагнитных клапанов в соответствии с установочными данными, получаемыми от электронного блока. Управление клапанами производится путем обеспечения момента и требуемой длительности открытия на установившихся режимах работы двигателя. В результате изменения режима работы или состояния двигателя, например при изменении температуры, электронный блок производит изменение установочных данных, а модуль управления в соответствии с изменившимися командами производит изменение параметров открытия клапанов.

Так как время рабочего процесса двигателя измеряется угловыми величинами, выраженными в градусах угла поворота коленчатого вала, то длительность работы электромагнитных клапанов также измеряется в угловых единицах измерения. Для обеспечения отсчёта углового положения коленчатого вала относительно начальной точки электронному модулю управления ТНВД требуются импульсы, период следования которых был кратен угловой величине, по возможности минимальной исходя из обеспечения достаточной точности. Расчет углового положения коленвала в этом случае сводится и подсчету количества поступивших импульсов.

Необходимый выходной сигнал, состоящий из прямоугольных импульсов, количество которых пропорционально углу поворота ротора (коленвала), вырабатывается датчиком положения ротора, расположенного внутри ТНВД. Схема датчика представлена на рис. 2.17, размещение датчика см. на рис. 2.12.

На роторе ТНВД размещен маркерный диск 6, представляющий градуированную в угловых единицах измерения эталонную деталь. Над диском в корпусе 2 расположен датчик Холла, генерирующий выходной сигнал. Сигнал с датчика через разъём 1 и соединительный кабель поступает на электронный модуль управления ТНВД.

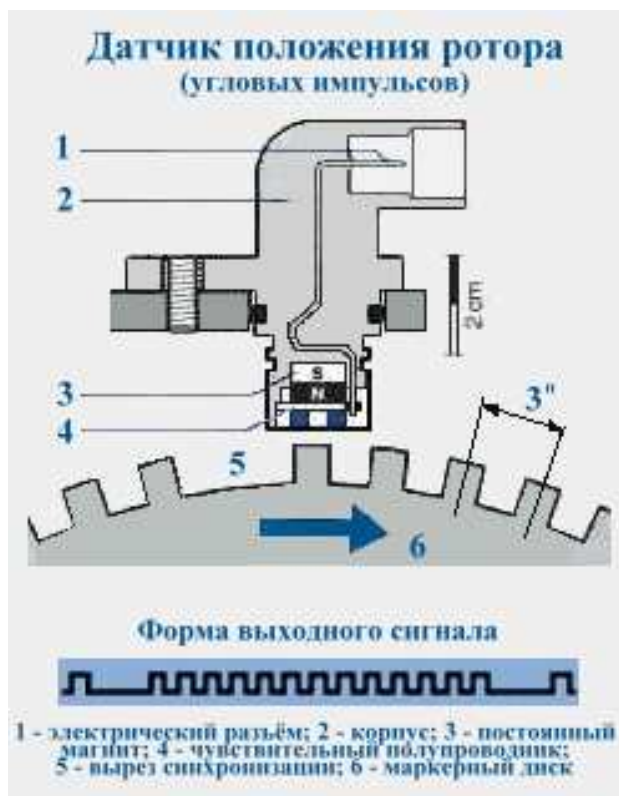
На наружной поверхности диска выполнены зубья, расположенные с шагом 3° , и имеется один пропущенный зуб, образующий вырез (метку) синхронизации 5. При работе двигателя маркерный диск вращается вместе с ротором, при этом каждый зуб диска проходит напротив чувствительного элемента 4 датчика. Прохождение каждого зуба означает формирование одного прямоугольного импульса, следующего с периодом 3° . Если в течение произвольного промежутка времени датчик выработает n импульсов, то угол поворота коленвала $\Phi_{кв}$ будет составлять:

$$\Phi_{кв} = 2n * 3^\circ,$$

где 2 – передаточное отношение между коленвалом и приводным валом ТНВД.

Расчет угла поворота коленвала производится с целью определения действительного положения поршней для обеспечения впрыска топлива с необходимым опережением, а также для определения угла поворота коленвала, в течение которого обеспечивается впрыск топлива.

Рис. 2.17. Схема датчика



Данный угол будет соответствовать длине положения ротора.

Длина импульса определяет точность впрыска топлива. При прохождении пропущенного зуба датчик вырабатывает сигнал широкой формы, используемый для идентификации положения одного из поршней, первого или третьего, относительно ВМТ в окончании такта сжатия.

Совместно с сигналами от ВМТ-датчика, поступающими на блок управления двигателем, сигнал от метки синхронизации позволяет определить положение поршня в любом из цилиндров относительно ВМТ, для которого требуется выполнение впрыска.

При получении по шине CAN от блока управления двигателем, или контроллера, команды на выполнение впрыска, включающей информацию о моменте начала впрыска топлива и количестве требуемого топлива, электронный модуль начинает управлять электромагнитными клапанами.

Управление начинается от начальной, нулевой точки, которая определяется по прохождению импульса широкой формы от метки синхронизации. Момент прохождения импульса составляет, по всей вероятности, угол 60° , который занимает поршень одного из цилиндров, обычно первого или третьего, до ВМТ в окончании такта сжатия. Точное значение момента прохождения импульса синхронизации не приводится.

Управление начинается от начальной, нулевой точки, которая определяется по прохождению импульса широкой формы от метки синхронизации. Момент прохождения импульса составляет, по всей вероятности, угол 60° , который занимает поршень одного из цилиндров, обычно первого или третьего, до ВМТ в окончании такта сжатия. Точное значение момента прохождения импульса синхронизации не приводится.

2.3.5.2. Функционирование клапанов.

Клапаны управления подачей топлива являются гидроэлектромагнитными клапанами, работа которых должна рассматриваться на основании функциональной схемы управления ТНВД VP44, приведенной на рис. 2.18.

Схема объединяет гидравлические и электрические цепи управления. На схеме положение управляющих клапанов изображено для открытых состояний клапанов управления наполнением и впрыском.

В правой части схемы показаны импульсы тока управления клапаном управления наполнением и угловые импульсы, генерируемые датчиком положения ротора. Как видно, датчик положения ротора устроен так, чтобы учитывать время, необходимое для выполнения требуемых расчётов и обеспечения впрыска с опережением, поэтому широкий импульс, генерируемый датчиком при прохождении выреза, проходит с опережением по отношению к нарастающему профилю кулачка. Импульс управления показан только для клапана управления наполнением для одного из положений JT, для которого рассчитан произвольный момент впрыска. Ток управления клапаном управления моментом впрыска является стандартным импульсным током переменной скважности с прямоугольной формой импульсов, поэтому на схеме не приводится.

Клапан управления моментом впрыска.

На клапан управления моментом впрыска с электронного модуля подаются импульсы тока соответствующей скважности. В электрической обмотке клапана создается магнитное поле, пропорциональное средней силе импульсного тока управления, благодаря чему клапан открывает сливной канал на необходимую величину. Топливо из полости над торцом исполнительного поршня автомата опережения начинает сливаться и поступать в контур всасывания топливоподкачивающего насоса.

Так как топливо в полость над поршнем поступает под давлением через дроссель, то при открытии сливного канала клапаном давление топлива, действующее на днище поршня, будет падать. Его величина будет отличаться от рабочего давления, и зависеть от степени открытия электромагнитного клапана управления впрыском. В результате открытия клапана на поршень будет действовать дисбаланс сил, создаваемых с одной стороны возвратной пружиной, а с другой – регулируемым давлением топлива. Вследствие дисбаланса поршень автомата сместится от своего первоначального положения и развернет при этом с помощью штифта кулачковое кольцо. Смещение поршня будет происходить до восстановления баланса сил.

При новом положении кулачкового кольца ролики ротора начнут набегать на кулачки кольца в изменившийся момент времени JT, соответствующий новому моменту впрыска, заданному контроллером и выполненному электронным модулем насоса.

При подготовке к управлению исполнительными устройствами и во время выполнения ими управляющих команд модуль постоянно контролирует угловое положение ротора, считая общее количество угловых импульсов и умножая его на 3° .

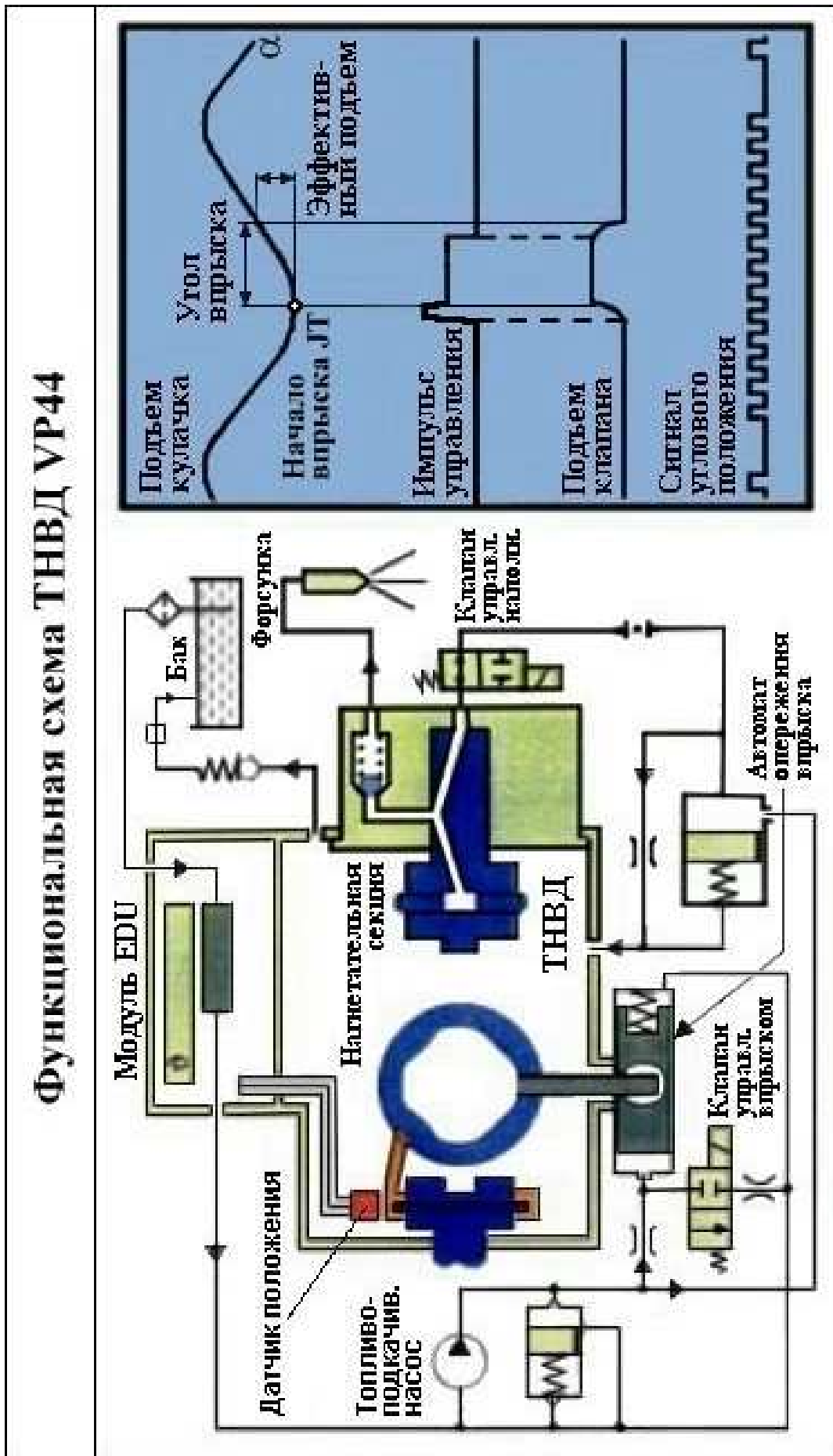


Рис. 2.18. Функциональная схема ТНВД VP44.

Клапан управления наполнением.

В момент поворота ротора на угол, при котором ролики начинают набегать на возрастающий профиль кулачка в точке **ЖТ**, модуль направляет на клапан управления наполнением импульс управления, которым клапан запирает сливной канал. Импульс управления посылается модулем с некоторым незначительным опережением для компенсации инерционности исполнительного соленоида клапана. Благодаря опережению прохождения импульса управления ход соленоида, обозначенный на схеме как подъем клапана, завершается в момент расположения роликов в точке **ЖТ**. При дальнейшем вращении ротора ролики начинают набегать на возрастающий профиль кулачков (подъем кулачка) и выдавливать плунжеры к центру.

При закрытом канале наполнения блокируется слив, камера высокого давления становится герметичной и давление топлива в объеме между плунжерами начинает возрастать. При достижении давления значений открытия открывается нагнетательный клапан, а вслед за ним топливная форсунка. С момента открытия форсунки начинается впрыск топлива в один из цилиндров двигателя.

Впрыск завершается, когда модуль просчитает количество угловых импульсов и рассчитает на их основании угол поворота ротора, при котором клапан оставался закрытым, и топливо впрыскивалось в количестве, соответствующем расчетному значению.

В момент прохождения фронта спада импульса клапан управления наполнением закрывается, то есть происходит закрытие канала нагнетания, но открывается направление слива топлива по каналу наполнения. Топливо при продолжении рабочего хода плунжеров вытесняется во внутреннюю полость ТНВД в направлении, изображенном на схеме. Фронт спада импульса управления поступает на клапан с некоторым опережением, учитывающим инерционные процессы.

Давление топлива при открытии клапана резко сбрасывается, низким давлением закрываются топливная форсунка и нагнетательный клапан, процесс впрыска топлива завершается. Время, в течение которого обеспечивается впрыск топлива, и выраженное в градусах угла поворота коленчатого вала, соответствует углу впрыска.

Угол впрыска рассчитывается электронным модулем по количеству угловых импульсов сигнала углового положения, поступающего с датчика положения ротора. В течение поворота ротора на величину угла впрыска плунжеры совершают рабочий ход, обозначенный на схеме как эффективный подъем. Рабочий ход плунжера [2] соответствует ходу, при котором происходит впрыск топлива. Рабочий ход, выраженный в градусах поворота ротора, соответствует количеству угловых импульсов и является расчетной величиной.

Если клапан управления поддерживается открытым в течение всего времени набегания роликов на возрастающий профиль кулачков, то впрыск топлива завершится в момент нахождения роликов на вершинах кулачков. При этом положении плунжеры совершат полный ход, когда эффективный подъем будет равен высоте профиля кулачка. Полный рабочий ход плунжеров [2] используется при старте дизеля и соответствует максимальному значению подачи топлива.

2.4. Устройство узлов.

2.4.1. Основные узлы и топливные каналы.

Общий вид ТНВД VP44 с двумя плунжерами приведен на рис. 2.1, согласно которому был рассмотрен принцип действия насоса.

Работу основных узлов и модулей насоса необходимо рассматривать с расположением топливных каналов ротора относительно исполнительных механизмов насоса. Положение топливных каналов постоянно изменяется в результате вращения ротора. Принцип дейст-

вия и устройство основных узлов, как электронный модуль, датчик, нагнетательная секция, автомат опережения впрыска, электромагнитные клапаны, не зависят от типа ТНВД.

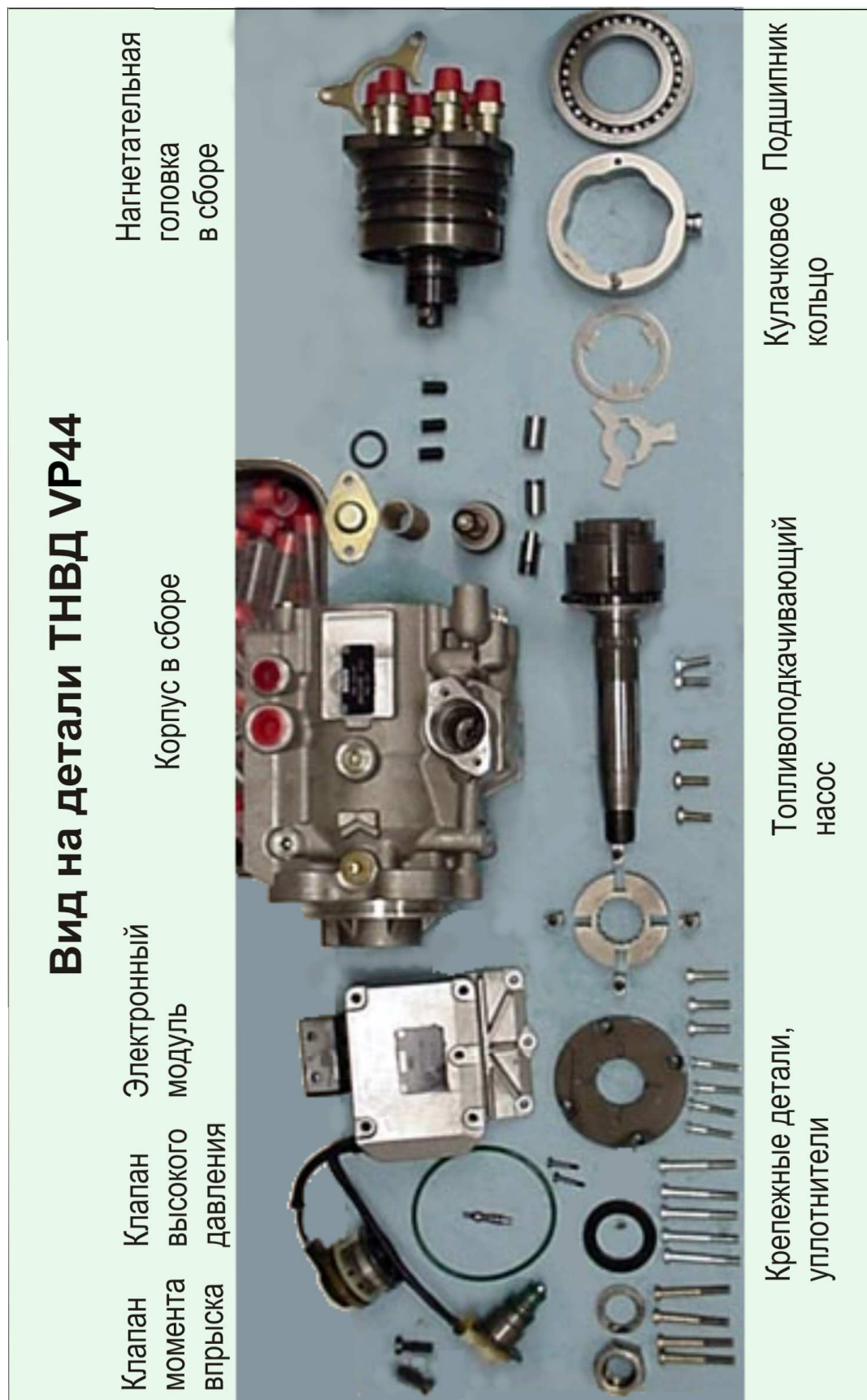


Рис. 2.19. Основные узлы и детали ТНВД VP44.

Отличия касаются деталей, сопряженных с радиальными плунжерами. К этим деталям относятся ротор и кулачковое кольцо. При наличии различного количества плунжеров в насосе изменяется количество радиальных расточек ротора, в которых перемещаются плунжеры, и количество кулачков кулачкового кольца. Профиль и размеры кулачков выбираются в зависимости от величины нагнетаемого давления топлива, на которое рассчитывается насос.

В ТНВД с осевым перемещением плунжера ротор, плунжер, детали привода плунжера имеют принципиальное отличие от аналогичных деталей, используемых в ТНВД с радиальными плунжерами.

Общий вид основных узлов насоса ТНВД VP44 показан на рис. 2.19.

2.4.2. Топливоподкачивающий насос.

Топливоподкачивающий насос расположен на приводном валу ТНВД и создает давление топлива в магистралях внутренней полости в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Общий вид топливоподкачивающего насоса без внешнего эксцентрикового кольца показан на рис. 2.20.



Рис. 2.20. Общий вид топливоподкачивающего насоса.

Конструкцию насоса образуют эксцентриковое и шиберное кольца. Эксцентриковое кольцо установлено в корпусе и имеет внутреннюю расточку, центр которой смещен относительно оси приводного вала. Шиберное кольцо установлено на приводном валу и вращается в расточке эксцентрикового кольца. За счет эксцентриситета (смещения) зазор между стенками колец неравномерный по окружности. Шиберное кольцо имеет радиальные пазы, в которых размещены подпружиненные пластины-шиберы. Конструктивное схематичное устройство топливоподкачивающего насоса представлено на рис. 2.21.

При вращении от приводного вала шиберного кольца его шиберы прижимаются с усилием к внутренней поверхности расточки и перегоняют топливо. За счет уменьшения зазора и, соответственно, объема увеличивается давление топлива.

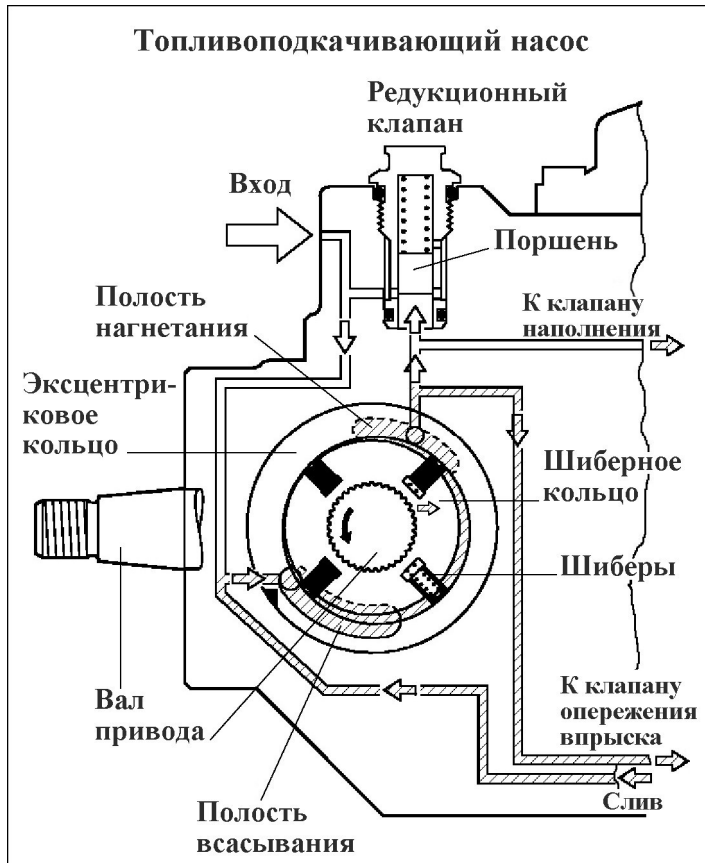
В верхней и нижней частях эксцентрикового кольца выполнены карманы, образующие полости нагнетания и всасывания.

Топливо шиберами захватывается в полости всасывания и в зазоре между кольцами перемещается в полость нагнетания. Чем выше частота вращения приводного вала, тем интенсивнее и в большем количестве будет перегоняться топливо в полость нагнетания, благодаря чему давление в ней будет возрастать.

В верхней части корпуса установлен редукционный клапан, ограничивающий максимальное давление для предотвращения поломок и сбоев в работе автомата опережения впрыска. Клапан поршневого типа, чувствительным элементом которого является подпружи-

ненный поршень. Усилие сжатой пружины рассчитано на максимально допустимое давление топлива.

При превышении давления допустимого значения поршень преодолевает усилие пружины и перемещается вверх, открывая при этом продольный канал. Топливо начинает перетекать по каналу из полости нагнетания обратно в полость всасывания, чем предотвращается повышение давления.



Топливоподкачивающий насос при любых оборотах коленвала обеспечивает подачу топлива к устройствам ТНВД в избыточном количестве, отвод излишков топлива обратно в топливный бак обеспечивается через штуцер перетока с клапаном 10 (см. рис. 2.3). Клапан перетока обеспечивает поддержание давления топлива во внутренних полостях, пропорционального числу оборотов двигателя. Давление топлива контура низкого давления может быть измерено посредством присоединения измерительного манометра к штуцеру слива топлива с помощью подходящего соединителя. Расположение топливных штуцеров приведено на рис. 2.22.

Выход насоса из строя может происходить в случае попытки прокручивания приводного вала насоса посредством вращения коленвала стартером при пустом топлив-

Рис. 2.21. Схема

топливонасоса.

ном баке, поэтому автомобиль дол-

жен отправляться на стоянку, как только уровень топлива становится

ниже допустимого уровня. Критически низкий уровень топлива в баке индицируется сигнальной лампой уровня топлива на приборной панели. Нормальным условием работы насоса является отсутствие воздуха в топливных магистралях. По этой причине замена топливных фильтров на новые должна производиться с предварительным наполнением нового фильтра дизельным топливом.

Фильтр может быть заполнен включением электрического подкачивающего насоса, расположенного на внешней топливной магистрали.

Конструкции редукционного клапана и клапана перетока соответствуют типовым схемам, применяемым в топливных системах дизельных двигателей [3].

Рис. 2.22. Размещение топливных штуцеров.



Размещение топливных штуцеров на ТНВД

Практические рекомендации.

- В 2,0/2,2 литровых четырехклапанных дизелях автомобилей Opel, Audi и других топливом должны быть заполнены все участки топливных магистралей вплоть до распылителей топливных форсунок.
- Для обеспечения бесперебойной работы двигателя необходимо обеспечить удаление воздуха из всех топливных магистралей.
- Наличие воздуха должно оцениваться как экстремальная ситуация, при которой дизель может не запускаться.
- В случаях неудачных попыток старта до проверки электронных цепей и анализа работы электрооборудования необходимо проверить наличие воздуха в системе и удалить его.
- При каждой новой переустановке топливного фильтра должно выполняться наполнение системы топливом с гарантированным недопущением попадания воздуха. Фильтр устанавливается в передней части топливного бака.
- Наполнение нового фильтра топливом возможно многократным кратковременным включением/выключением вспомогательного электрического подкачивающего насоса.

2.4.3. Нагнетательная секция.

Общий вид головки нагнетательной секции см. на рис. 2.19.

2.4.3.1. Общее устройство нагнетательной секции.

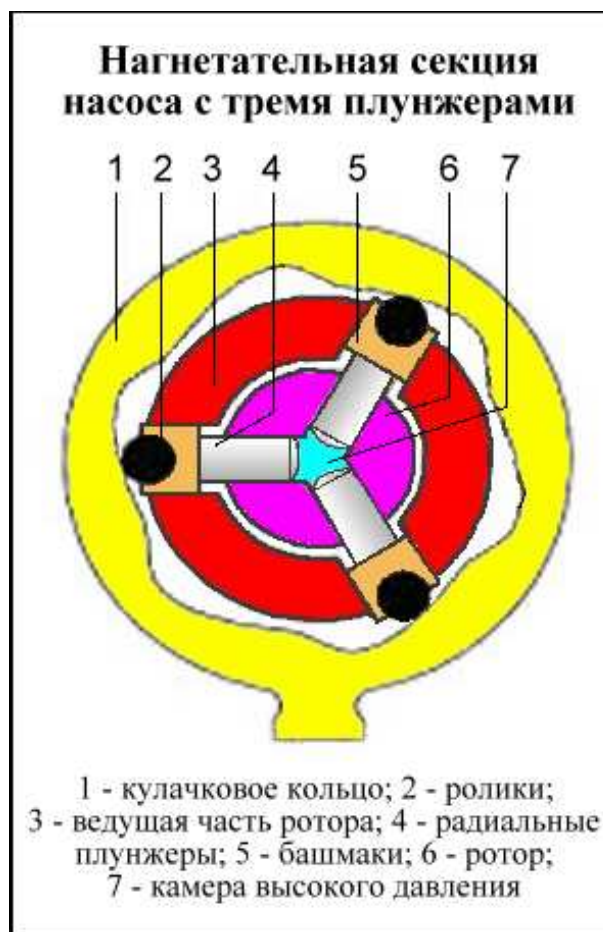
Схематичное устройство нагнетательной секции с тремя плунжерами представлено на рис. 2.23.

К основным устройствам нагнетательной секции относятся:

- вращающийся ротор с системой топливных каналов и нагнетательными плунжерами. Перетекание топлива в необходимых направлениях обеспечивается совпадением выходных отверстий каналов и состоянием клапана управления наполнением;
- кулачковое кольцо с кулачками, высота профиля которых соответствует полному ходу плунжеров;
- электромагнитный клапан управления наполнением (клапан высокого давления). Клапан размещён вне секции.

Время закрытого состояния клапана, при котором осуществляется впрыск топлива, рассчитывается контроллером.

Рис. 2.23. Нагнетательная секция.



В течение времени нагнетания давления и впрыска топлива выполняется рабочий ход плунжеров. Команды на открытие/закрытие клапана поступают от электронного модуля

управления насосом. Кулачковое кольцо установлено в корпусе ТНВД и является неподвижным, представляя собой, по сути, статор. Кольцо может изменять свое положение под воздействием исполнительных элементов автомата управления момента впрыска топлива при изменении угла опережения впрыска топлива. На топливоподачу кольцо оказывает влияние благодаря профилю кулачков.

От наклона профиля зависит скорость нарастания давления, а от высоты – полный ход плунжеров, соответствующий максимальной подаче топлива. При проектировании топливной системы дизеля рассчитывается оптимальный профиль.

Ротор в сборе с плунжерами, башмаками, на которые опираются плунжеры, и роликами размещается внутри кулачкового кольца. Ротор получает вращение от приводного вала насоса, в результате вращения кулачки выдавливают плунжеры к центру кольца. Ролики обеспечивают обкатывание внутри кольца с минимальными потерями на трение.

Распределение топлива по цилиндрам происходит в результате совмещения при вращении ротора его нагнетательного канала с системой нагнетательных каналов, соединенных с топливными форсунками. Эти каналы выполнены непосредственно в гидравлической головке ТНВД.

2.4.3.2. Заполнение нагнетательной секции топливом.

Топливо поступает к камере высокого давления нагнетательной секции через систему топливных каналов при условии закрытого положения электромагнитного клапана управления наполнением, канал наполнения при этом открыт для поступления топлива. Изображение и буквенное обозначение топливных каналов для ротора с тремя плунжерами показано на рис. 2.24, схема работы контура высокого давления приведена на рис. 2.25.



Рис. 2.24. Топливные каналы и устройства нагнетания давления.

В результате закрытия электромагнитного клапана его подвижный золотник, являющийся клапаном высокого давления 4 (см. рис. 2.25), смещается по схеме вправо и открывает входной канал наполнения 9 (канал с, см. рис. 2.24), являющийся каналом наполнения. В

начале наполнения распределительный канал 13 (е) ротора должен находиться за кромкой нагнетательного канала форсунки, в которой был завершен впрыск.

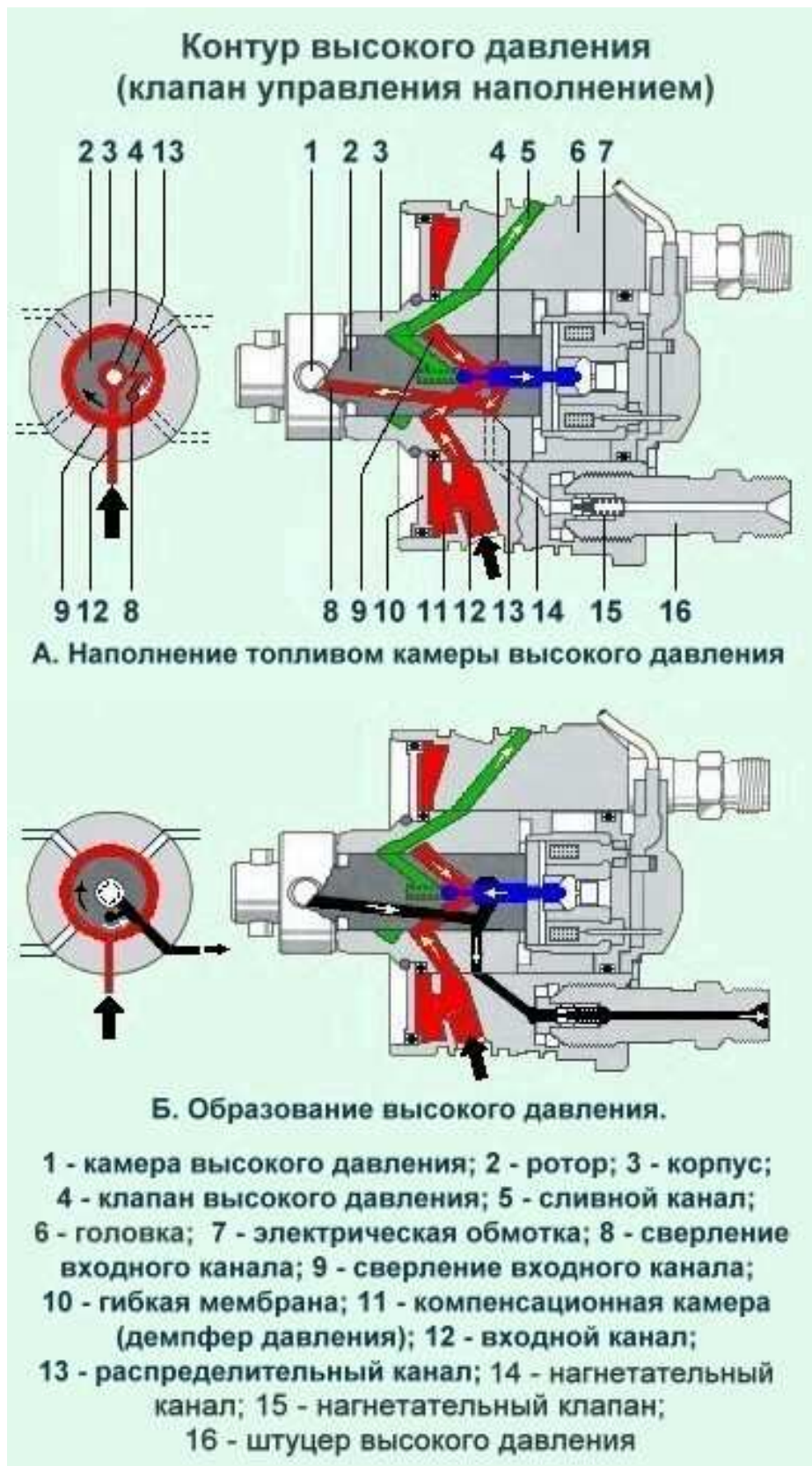


Рис. 2.25. Контур высокого давления.

Это условие необходимо для обеспечения достаточного времени для наполнения топливом камеры высокого давления.

Нагнетательные каналы изображены на рис. 2.25 пунктирными линиями, количество нагнетательных каналов соответствует числу цилиндров двигателя. Канал наполнения постоянно соединяется с входным кольцевым каналом 12 (b).

Так как при вращении ротора плунжеры расходятся в противоположные стороны, то топливо в камеру между плунжерами поступает от топливоподкачивающего насоса к входному кольцевому каналу 12 (b), от него через сверление в канал наполнения 9 (c), далее через открытый клапаном высокого давления 4 канал наполнения к распределительному каналу 13 (e). Распределительный канал сообщается с камерой высокого давления через осевой канал 8 (d), по которому топливо наполняет камеру.

По закрытым нагнетательным каналам топливо не может перемещаться, так как, во-первых, они разобщены с распределительным каналом ротора и, во-вторых, на выходе каждого нагнетательного канала установлен нагнетательный клапан, открываемый высоким давлением. Имеющееся давление наполнения недостаточно для открытия нагнетательных клапанов, поэтому со стороны форсунок топливные магистрали являются надёжно закрытыми. Для обеспечения наполнения в любых условиях топливо в нагнетательную секцию поступает в избыточном количестве, поэтому большая часть поступающего топлива сливается обратно во всасывающую полость подкачивающего насоса по сливному каналу 5 (a).

По мере вращения ротора и заполнения камеры высокого давления топливом поперечный распределительный канал разворачивается в направлении нагнетательного канала следующей форсунки, которая должна выполнить очередной впрыск.

2.4.3.3. Образование высокого давления впрыска.

Высокое давление в объеме между плунжерами начинает нагнетаться с момента, когда клапан управления наполнением открывается, а ролики ротора начинают набегать на возрастающий профиль внутренних кулачков кулачкового кольца 5 (см. рис. 2.3). При набегании роликов на кулачки они через башмаки начинают сдвигать плунжеры в радиальном направлении к оси ротора.

При открытии клапан высокого давления 4 (см. рис. 2.25) запирает топливный канал наполнения 9 (канал c, см. рис. 2.24) в начале рабочего хода плунжеров, благодаря чему топливо не сможет вытесниться в обратном направлении. Закрытие топливного канала наполнения происходит по команде модуля управления насосом 2 (см. рис. 2.3), который направляет в обмотку 7 клапана импульс тока управления (см. рис. 2.16). Клапан 4 запирает канал наполнения 9 (c) в результате хода влево по схеме. Одновременно с закрытием топливного канала наполнения распределительный канал 13 (e) начинает сообщаться с нагнетательным каналом 14 (f), так как ротор при этом выполнил часть поворота, достаточную для совмещения каналов. Так как распределительный канал связан с камерой высокого давления через осевой канал 8 (d), то в начале рабочего хода плунжеров камера высокого давления становится сообщаемой с одним из нагнетательных каналов. Со стороны канала наполнения камера высокого давления является герметичной благодаря запиранию его клапаном 4.

При дальнейшем вращении ротора в результате встречного радиального перемещения плунжеров объем топлива, сосредоточенный между плунжерами, начинает уменьшаться, что приводит к резкому увеличению величины давления топлива в камере высокого давления. Момент закрытия топливного канала наполнения означает начало формирования высокого давления впрыска.

Топливо под высоким давлением начинает вытесняться из камеры высокого давления в осевой топливный канал 8 (d) ротора и далее в распределительный канал 13 (e), который в результате вращения ротора соединён с одним из нагнетательных каналов 14 (f). Топливо под высоким давлением поступает к нагнетательному клапану 15, открывая его. Нагнетательные клапаны соединяются с трубопроводами высокого давления и топливными фор-

сунками посредством штуцеров высокого давления 16, поэтому топливо начинает поступать к форсунке цилиндра, в котором должен быть выполнен впрыск топлива.



Рис. 2.26. Схема нагнетания топлива.

Топливные форсунки открываются высоким давлением топлива. Впрыск производится при условии закрытого положения канала наполнения все время хода плунжеров, когда ролики перемещаются по возрастающему профилю кулачков кулачкового кольца. Величина хода плунжеров, в течение которого обеспечивается впрыск топлива в цилиндры двигателя, соответствует *рабочему ходу* [3].

Впрыск топлива прекращается, как только электромагнитный клапан снова открывает топливный канал наполнения 9 по команде модуля управления насосом. При дальнейшем рабочем ходе плунжеров и открытом клапане 4 топливо от распределительного канала 13 (e) будет выдавливаться через открытый клапан 4 в канал наполнения 9 (c) и сливному каналу 5 (a). Давление нагнетания будет резко сброшено, нагнетательный клапан, а вслед за ним топливная форсунка закроются.

Положение управляющего соленоида клапана управления наполнением в течение действия импульса тока управления показано на рис. 2.26.

2.4.3.4. Схема управления нагнетательной секцией.

Закрытие электромагнитного клапана управления наполнением происходит при отсутствии тока в обмотке и означает запираение нагнетательного канала и открытие топливного канала наполнения. После закрытия клапана центральный и распределительный топливные каналы вновь начинают сообщаться с топливным каналом наполнения, при этом в окончании полного хода плунжеров топливо начинает вытесняться из камеры высокого давления в контур низкого давления. Давление топлива в нагнетательном канале в этом случае резко падает, благодаря чему топливная форсунка и нагнетательный клапан последовательно закрываются, означая прекращение впрыска. В завершение полного хода плунжеров, когда ролики располагаются на вершинах кулачков кулачкового кольца, ротор развёрнут в положение готовности к началу очередного наполнения топливом камеры высокого давления. В момент закрытия электромагнитного клапана управления наполнением в результате резкого сброса давления возникают колебания давления. Для гашения пиков давления во внутренних полостях ТНВД предназначена мембрана 10 (см. рис. 2.25). Открытие клапана происходит при поступлении импульса тока управления необходимой длительности в электрическую обмотку клапана и означает открытие нагнетательного канала и запираение топливного канала наполнения. При открытом положении клапана на-

гнетается давление топлива и обеспечивается его впрыск в цилиндры топливными форсунками. Открытое состояние клапана соответствует длительности впрыска или количеству впрыскиваемого топлива. Параметрами для расчёта базовой длительности являются нагрузка на двигатель и число оборотов.

Работой нагнетательной секции управляют два электронных прибора - электронный блок управления двигателем 1 и электронный модуль управления насосом 2. Электронный блок обеспечивает оценку условий эксплуатации двигателя и автомобиля и сообщает модулю требуемое количество топлива, электронный модуль, приняв информацию, обеспечивает выполнение впрыска в заданном объеме топлива. Точность управления впрыском достигается кратностью количества топлива длительности импульса тока клапана управления наполнением.

Электронный модуль расположен в верхней части ТНВД и является окончательной ступенью, обеспечивающей управление электромагнитными клапанами управления наполнением и опережения момента впрыска топлива.

В топливном насосе высокого давления (ТНВД) находится датчик опорного сигнала (датчик положения ротора), который вырабатывает электрический частотный сигнал. Общий вид на датчик при снятом корпусе электронного модуля изображен на рис. 2.27.

Сигнал датчика предназначен для определения углового положения приводного вала и идентификации положения поршней в цилиндрах. Назначение датчика аналогично датчику опорного сигнала, используемого в системах зажигания бензиновых двигателей с парными катушками зажигания. Опорный сигнал используется фактически для распознавания положения поршней цилиндров на такте сжатия. Импульсы датчика поступают на электронный модуль управления насосов для использования точного определения количества и момента впрыска топлива. Идентификация положения поршней на такте сжатия в каждом цилиндре производится путем расчета углового положения прохождения опорного сигнала (момент нахождения напротив датчика одной из меток) относительно условной нулевой точки. Условная нулевая точка - положение поршня первого цилиндра до ВМТ в окончании такта сжатия - идентифицируется меткой синхронизации – удаленным зубом 3 на зубчатом диске (см. рис. 2.12). Поршень цилиндра, находящийся на такте сжатия в любой момент времени определяется согласно прохождению угловых импульсов с датчика положения ротора. Порядок идентификации положения поршней в цилиндрах двигателя изложен в главе 3. Импульс идентификации, определяющий положение поршня первого (или третьего) цилиндра, вырабатывается за 60 градусов до прихода поршня в ВМТ на такте сжатия.

Во внутренней полости ТНВД размещается датчик температуры топлива, вырабатывающий сигнал в виде уровня напряжения, соответствующего температуре топлива. Температурный датчик является стандартным полупроводниковым датчиком с отрицательным температурным коэффициентом. Сигнал датчика предназначен для коррекции времени открытого состояния клапана высокого давления, соответственно количества впрыскиваемого топлива, плотность которого изменяется в зависимости от температуры.

Прочие необходимые сигналы для управления двигателем поступают на электронный блок управления двигателем (контроллер) с датчиков. Обмен цифровой информации между контроллером, модулем управления насосом и электронными блоками управления других агрегатов автомобиля производится по шине передачи данных CAN-Bus (см. рис. 1.6).

Сигнал частоты вращения снимается с ВМТ-датчика, находящегося напротив зубчатого венца маховика коленвала. Датчик вырабатывает в течение одного полного оборота коленвала импульсы, используемые для расчета частоты вращения. Датчик частоты вращения индукционного типа, по конструкции и принципу действия аналогичен датчикам, применяемым в бензиновых двигателях.

Датчик положения педали акселератора вырабатывает сигнал, предназначенный для распознавания режима работы двигателя и определения величины нагрузки. При нажатии водителем педали акселератора до упора датчик вырабатывает сигнал максимальной вели-

чины. Значение этого сигнала используется блоком управления для ограничения максимального крутящего момента и дымности выхлопа.

Ограничение максимальной величины крутящего момента предотвращает перегрузку отдельных механизмов и приводов автомобиля или пробуксовку через предназначенный для этой цели Tempomat. Ограничение дымности означает, что в цилиндры двигателя поступает количество топлива, не превышающее максимально возможного количества, способного к полному сгоранию.

Встроенный во впускной трубопровод расходомер воздуха предназначен для выработки сигнала в виде уровня электрического напряжения, соответствующего количеству поступающего в цилиндры воздуха. Количество воздуха является показателем величины нагрузки на двигатель. Сигнал с расходомера воздуха совместно с сигналом частоты вращения двигателя используется контроллером для расчета *допустимого* количества топлива при работе двигателя на предельных режимах. Количество воздуха определяется также в целях обеспечения функционирования системы рециркуляции выхлопных газов для приведения токсичности выхлопа к нормальному уровню.

Окончательное фактическое количества требуемого для данной нагрузки и оборотов топлива с учетом температуры топлива рассчитывается модулем управления ТНВД.

Максимальный пусковой ток, потребляемый клапаном, может составлять 20 А, средний ток удержания – 12 А.



Датчик положения ротора

Рис. 2.27. Вид на датчик положения ротора.

2.4.4. Автомат опережения впрыска топлива.

2.4.4.1. Устройство автомата.

Автомат относится к гидромеханическим устройствам, которые применяются для изменения угла опережения впрыска топлива в ТНВД с механическими форсунками, открываемыми давлением топлива. Аналогичные устройства применяются в распределительных ТНВД типа VE Bosch и в роторных насосах производства Lucas. Принципиальным отличием автомата ТНВД VP44 является наличие гидрораспределительного золотникового устройства, повышающего точность установки момента впрыска топлива.

Так как подъем кулачка кулачкового кольца VP44 ограничен, и рабочий ход плунжера начинается с момента набегания роликов плунжеров на кулачки, то установка необходимого момента впрыска топлива производится изменением положения кулачкового кольца 1 относительно оси ротора. Угловое положение кулачкового кольца изменяется автоматом опережения впрыска, исполнительным устройством которого является гидравлический поршень. Общий вид автомата опережения впрыска приведен на рис. 2.28.

Изменение положения поршня 2, вызывающего поворот кулачкового кольца 1, обеспечивается путём регулирования электромагнитным клапаном 12 давления топлива в камере управляющего давления 10. Давление топлива, изменяемое от режима работы двигателя, называется *управляющим давлением*, его величина передается на исполнительный поршень. Величина управляющего давления зависит в основном от скорости двигателя.

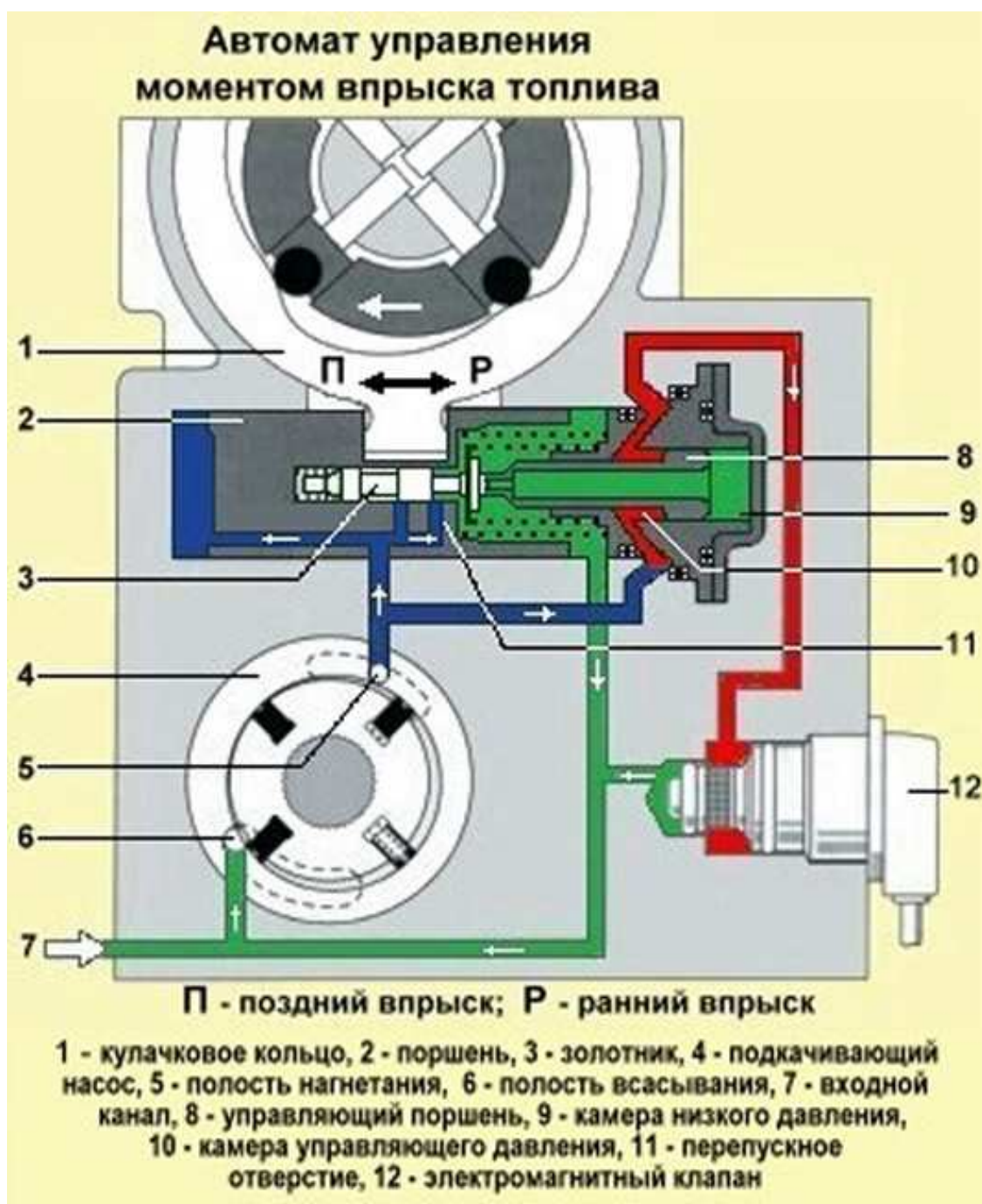


Рис. 2.28. Автомат опережения впрыска топлива.

Электромагнитный клапан встроен в сливной канал, поэтому при открытом положении клапана, как показано на рис. 2.28, топливо из полости нагнетания 5 подкачивающего насоса 4, поступая к автомату, сливается через перепускное отверстие 11 и открытый топливный канал, показанный красным цветом. Топливо при этом предварительно проходит через камеру управляющего давления 10. Поршень перемещается в расточке корпуса под воздействием регулируемого давления топлива, действующего на левый по схеме торец, являющийся днищем поршня. Возврат в исходное положение поршня обеспечивается внешней возвратной пружиной, установленной с противоположной стороны поршня.

Внутри поршня размещен золотник 3, автоматически регулирующий проходное сечение перепускного отверстия 11. Золотник обеспечивает повышение точности установки давления топлива, действующего на исполнительный поршень. Золотник в расточке поршня может перемещаться вправо по схеме совместно с управляющим поршнем 8, перемещение золотника возможно благодаря усилию, действующему на управляющий поршень и

развиваемому давлением топлива в камере управляющего давления. Давление топлива, развиваемое подкачивающим насосом 4, поступает через левое по схеме отверстие в полость, образованную в средней части золотника цилиндрической расточкой и корпусом поршня. Полости и каналы, на которые распространяется развиваемое топливоподкачивающим насосом 4 давление, изображены синим цветом. Это топливо необходимо для смазки золотника и создаёт дополнительное, действующее на золотник, усилие. С правой стороны на золотник действует давление топлива внутренней полости поршня, связанной каналом с полостью всасывания 6 насоса. При наличии разности давлений топлива между полостями нагнетания и всасывания на золотнике всегда имеется перепад давления топлива во время работы двигателя. Полости и каналы с низким давлением топлива показаны зелёным цветом.

Управляющий поршень 8 служит для точной регулируемой установки золотника и перемещается внутри цилиндрической расточки в головке автомата. На поршень с одной стороны действует давление топлива камеры управляющего давления 10. Под воздействием этого давления управляющий поршень может перемещаться вправо по схеме. Это перемещение возможно, так как величина управляющего давления не может быть ниже величины давления в камере 9, то есть управляющий поршень перемещается благодаря перепаду давлений топлива. В результате снижения величины управляющего давления поршень 8 будет перемещаться в обратном направлении под воздействием внутренней возвратной пружины, опирающейся на тарелку, закрепленную на основании поршня. Положение управляющего поршня и, соответственно, золотника будет зависеть от баланса сил, который определяется силой упругости внутренней возвратной пружины с одной стороны и силой, развиваемой от величины перепада давлений на управляющем поршне и золотнике с другой стороны. Каналы и полости, в которых действует управляющее давление, показаны красным цветом.

Величина управляющего давления определяется размером проходного сечения сливного канала, изменяемого электромагнитным клапаном 12 опережения впрыска. Клапан соленоидного типа с втягивающимся сердечником. В исходном состоянии при отсутствии тока в обмотке соленоид выдвинут из корпуса и полностью запирает сливной канал. В рабочем положении при прохождении через обмотку клапана тока управления соленоид втягивается внутрь корпуса, сечение сливного канала при этом изменяется. Если ток управления максимальный, то сливной канал открыт полностью, и топливо сливается из камеры управляющего давления 10 беспрепятственно. Давление в камере понижается до уровня давления в полости всасывания 6. При уменьшении силы тока в обмотке клапана соленоид начинает закрывать сливной канал, благодаря чему повышается давление топлива в камере управляющего давления. При закрытом канале и отсутствии слива топлива давление топлива в камере управляющего давления 10 устанавливается максимальным и равным давлению, развиваемому подкачивающим насосом в полости нагнетания 5. Ток управления клапаном импульсный переменной скважности, изменением скважности устанавливается с достаточной точностью средняя сила тока, при которой соленоид занимает промежуточное положение в сливном канале. В этом случае величина управляющего давления изменяется, промежуточное значение давления будет зависеть от сечения сливного отверстия или силы тока управления клапаном.

2.4.4.2. Установка угла запаздывания.

Начальный угол запаздывания впрыска устанавливается при полностью открытом сливном канале, когда в обмотку клапана поступает максимальный электрический ток.

На работающем двигателе в камере низкого давления 9 (см. рис. 2.28) поддерживается низкое давление топлива, в то же время при полностью открытом клапаном 12 сливном канале в камере управляющего давления 10 устанавливается практически не отличающаяся величина давления. При практически равном давлении в камерах 9 и 10 управляющий поршень 8 под воздействием возвратной пружины смещён влево по схеме, золотник 3 при

этом полностью открывает перепускное отверстие 11, через которое топливо беспрепятственно истекает из камеры нагнетания 5. Направление течения топлива по топливным каналам автомата показано стрелками. На левый торец поршня 2, являющийся днищем, в этом случае будет действовать низкое давление топлива, и поршень будет смещён внешней возвратной пружиной в крайнее левое положение. В результате перемещения поршня золотник 3 под воздействием внутренней возвратной пружины также будет перемещаться влево по схеме вслед за поршнем 2.

Перемещение золотника совместно с поршнем 2 необходимо для поддержания постоянно открытым перепускного отверстия 11 и обеспечения постоянно низкого давления топлива над днищем поршня 2. В результате перемещения влево по схеме поршень 2 развернёт кулачковое кольцо 1 в сторону уменьшения угла опережения впрыска до начального значения. Для подвижного соединения кулачкового кольца с поршнем кольцо имеет шарнирный палец, входящий в зацепление с пазом поршня. Общий вид кулачкового кольца для шестицилиндрового двигателя представлен на рис.2.29.

Автомат устроен так, что при дальнейшем перемещении поршня 2 влево по схеме кромка золотника 3 начнёт перекрывать перепускное отверстие 11, благодаря чему будет уменьшаться сток топлива из полости нагнетания 5, и давление топлива, развиваемое подкачивающим насосом, прекратит понижаться.

Установившееся давление, действуя на днище поршня 2, ограничит его перемещение в сторону уменьшения угла запаздывания впрыска. Окончательное положение поршня и угол впрыска будут определяться балансом сил, действующих на поршень. С одной стороны баланс будет зависеть от силы упругости внешней пружины, действующей на поршень, а с другой стороны – от силы, развиваемой давлением топлива, действующего на днище поршня. Величина давления топлива будет определяться частотой вращения двигателя.

Рис. 2.29. Общий вид кулачкового кольца.



2.4.4.3. Установка угла опережения.

Максимальный угол опережения впрыска топлива устанавливается при практически полностью закрытом сливном канале, когда в обмотку клапана поступает слабый ток.

Как только электромагнитный клапан 12 (см. рис. 2.28) закроет сливной топливный канал, в камере управляющего давления 10 давление топлива повысится, и на управляющий поршень 8 начнёт действовать полное давление, развиваемое топливоподкачивающим насосом 4. Под воздействием давления топлива управляющий поршень 8 переместится в направлении направо согласно схеме совместно с золотником 3. Это же давление топлива начинает действовать во внутренней полости золотника, увеличивая усилие на золотник.

При перемещении золотника он своей кромкой начинает перекрывать перепускное отверстие 11. В результате закрытия сливного канала клапаном 12 и перепускного отверстия 11 золотником на днище поршня 2 начнёт действовать полное давление топлива, которое способен развить топливоподкачивающий насос при установившейся частоте вращения двигателя. Поршень 2 автомата начнёт перемещаться вправо по схеме вслед за управляющим поршнем и разворачивать кулачковое кольцо в направлении опережения впрыска топлива. Если в результате повышения оборотов и роста давления топлива золотник 3 с

управляющим поршнем 8 переместятся до упора, то поршень 2 автомата при своём дальнейшем перемещении вправо начнёт вновь открывать перепускное отверстие 11. При открытии перепускного отверстия восстанавливается слив топлива из полости нагнетания 5 и предотвращается тем самым дальнейший рост давления топлива. В результате стабилизации давления топлива поршень 2 останавливается, чем ограничивается максимальное значение угла опережения впрыска топлива.

2.4.4.4. Изменение момента впрыска топлива.

Для изменения угла опережения впрыска с модуля топливного насоса на электромагнитный клапан начинает поступать ток управления заданной скважности, и электромагнитный клапан 12 (см. рис. 2.28) открывает сливной канал, при этом проходное сечение канала будет кратно скважности.

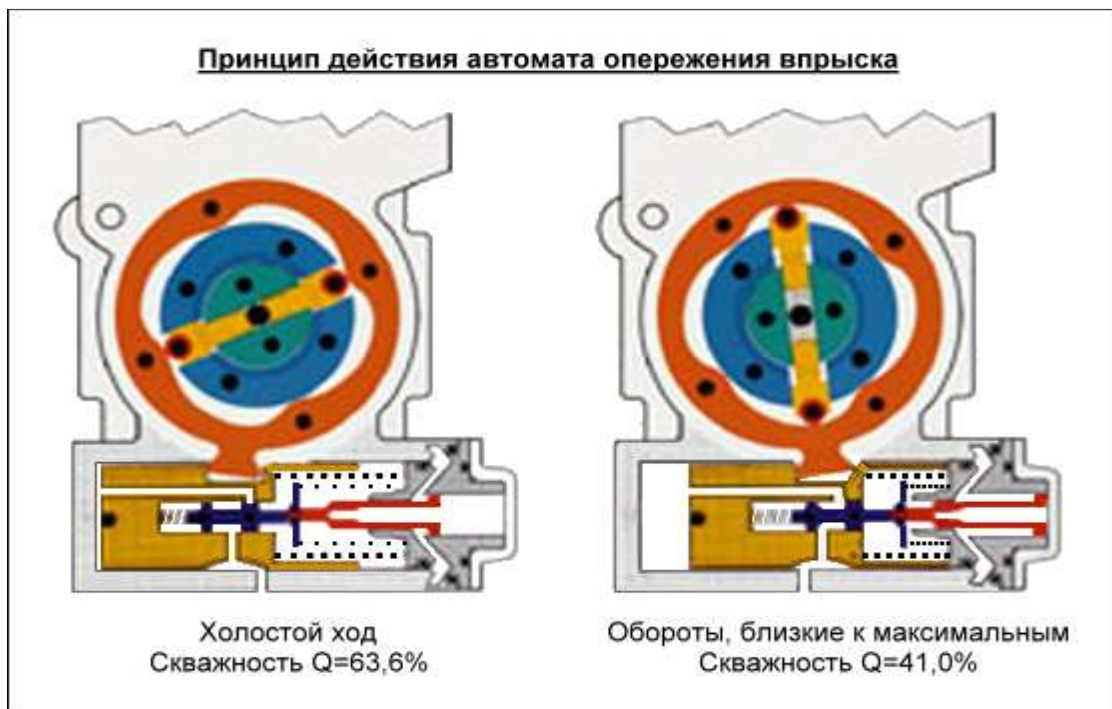


Рис. 2.30. Принцип действия автомата опережения впрыска топлива.

При открытии канала уменьшается управляющее давление в камере 10, действующее на поршень управления 8. Это же пониженное давление установится в полости нагнетания 5, действующее на днище поршня 2. Под воздействием возвратной пружины поршень переместится согласно схеме влево и станет возможным перемещение влево управляющего поршня 8 совместно с золотником 3. Конечное положение управляющего поршня будет зависеть от действующего на него баланса сил. Определяющее значение величины баланса зависит от скважности или средней силы импульсного тока управления. В результате перемещения управляющего поршня золотник своей кромкой займёт необходимое положение относительно перепускного отверстия 11, чем стабилизируется количество сливаемого через него топлива. В результате стабилизации количества сливаемого топлива установится постоянное давление топлива, действующее на поршень 2, и поршень займёт постоянное положение.

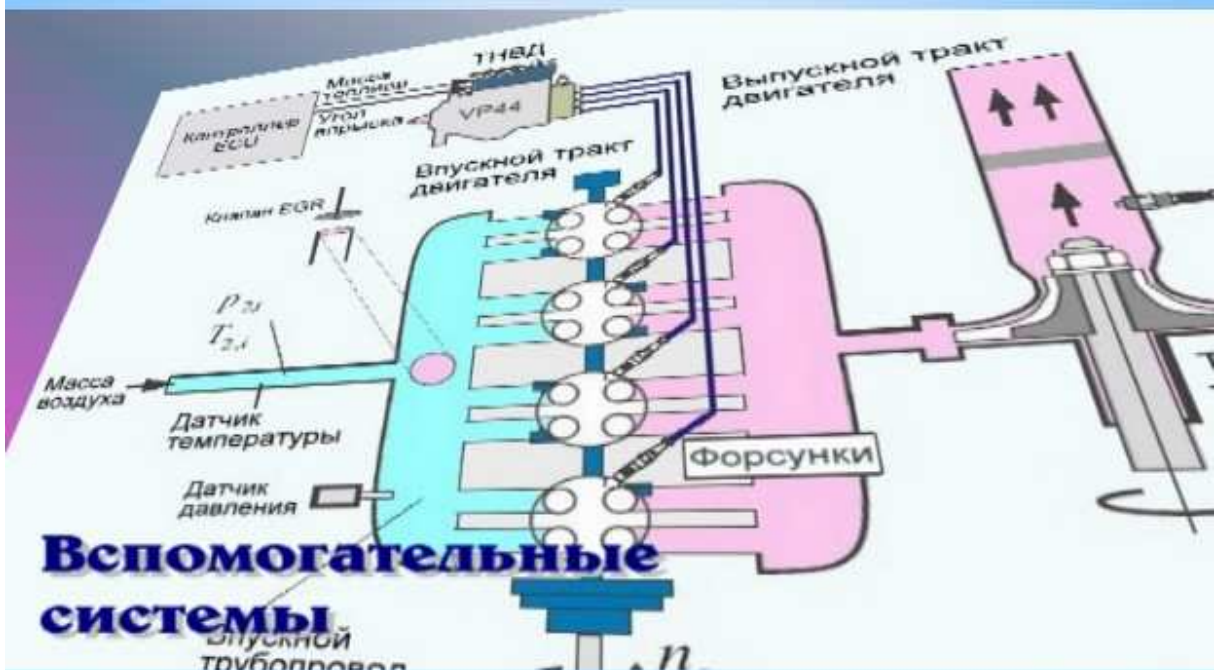
В результате изменения своего положения поршень 2 автомата развернёт кулачковое кольцо 1 на угол, при котором будет обеспечен расчётный момент впрыска топлива. Для нового момента впрыска топлива модулем ТНВД будет изменена скважность импульсного тока управления. Принцип действия автомата опережения впрыска топлива, заключаю-

щийся в изменении положения кулачкового кольца при различной скважности импульсов тока управления, изображен на рис. 2.30.

Электронный модуль управления насосом обеспечивает срабатывание автомата на опережение или запаздывание момента впрыска посредством изменения кратности закрытия или открытия электромагнитного клапана. Клапан управляется импульсным током переменной скважности, позволяющим бесступенчато изменять угол опережения впрыска.

При скважности тока управления более 50% и высокой средней силе клапан открывает сливной канал, чем обеспечивается позднее начало подачи топлива. Для обеспечения легкого запуска угол опережения впрыска должен быть установлен близким к 0, поэтому в момент старта на клапан поступает постоянный ток, сила которого является максимальной. При скважности тока управления менее 50% и низкой средней силе клапан закрывает сливной канал, чем обеспечивается более раннее начало подачи топлива.

Глава 3



Оснащение автомобиля вспомогательными системами, а также тип и вид датчиков и исполнительных устройств, входящих в состав систем, определяется производителем. Дизели комплектуются вспомогательными системами в зависимости от требований, предъявляемых к двигателю [3].

3.1. Системы предварительного подогрева.

3.1.1. Классификация систем предварительного подогрева.

Из-за утечек и потерь тепла уменьшаются давление и температура воздуха в окончании такта сжатия, что затрудняет воспламенение топлива и запуск дизеля. На холодном двигателе отмечается повышенное трение, приводящее к снижению эффективной мощности. Во время запуска дизеля используется обогащение горючей смеси, что увеличивает эмиссию несгоревших продуктов сгорания. Эти факты делают необходимым и важным использование вспомогательных пусковых устройств, облегчающих запуск и обеспечивающих экономичность и снижение токсичности пуска

Облегчение запуска дизеля из холодного состояния достигается системой предварительного подогрева воздуха в камере сгорания с одновременным применением подогрева воздуха на впуске и ступенчатым впрыском топлива. В настоящее время применяются следующие виды систем предварительного подогрева:

- с фиксированным временем подогрева;
- с переменным временем подогрева;
- с саморегулируемыми по температуре свечами подогрева;
- с устройствами управления свечами подогрева;
- моментального управляемого подогрева.

В системах подогрева исполнительным устройством является накальная свеча (свеча предварительного накала), встраиваемая в камеру сгорания и работающая как «горячее пятно». Современная накальная свеча представляет собой электрический нагревательный элемент спирального типа (нить накала), заключенный в защитную антикоррозионную трубку. В обычных свечах нить накала состоит из одинарного спирального нагревательного элемента, в современных версиях нить накала представляет собой составной нагревательный элемент, состоящий из двух или трех спиралей с различным температурным коэффициентом сопротивления. Проходящий по нагревательному элементу ток вызывает его интенсивный разогрев до ярко желтого света, что соответствует нагреву воздуха камеры сгорания в пределах **800...1000 °C** в зависимости от типа свечей.

В системах с фиксированным временем подогрева в качестве управляющего элемента используется реле времени предварительного подогрева, настроенного на конкретную продолжительность работы всех свечей (например, 7...17 с на дизелях Toyota).

Система с переменным временем подогрева работает в соответствии с температурой охлаждающей жидкости и напряжением генератора, служащим в качестве сигнала работы двигателя. Продолжительность работы реле времени предварительного подогрева зависит от температуры, реле отключает свечи накала при достижении конкретного значения температуры в рубашке охлаждения, например, **40...45 °C**.

Саморегулируемые свечи накала применяются на автомобилях Toyota и других производителей и имеют обычно три встроенные нагревательные спирали с различными характеристиками. Спирали соединены последовательно и имеют различное назначение –

быстрого нагрева, торможения силы тока и уравнивания токовой нагрузки. Все спирали имеют положительный температурный коэффициент.

Управляемые системы предварительного подогрева принципиально отличаются наличием электронного блока управления (реле), управляющим токовой нагрузкой на свечах и имеющим обратную связь с электронным блоком управления двигателем. В этих системах обычно применяются двухэлементные свечи накала, не имеющие уравнивающей спирали. Реле обеспечивает контроль температуры в камере сгорания по величине силы тока при помощи встроенного токового датчика. Включением реле управляет электронный блок двигателя, обеспечивая при этом блокировку старта, продолжительность подогрева регулируется электронным реле в соответствии с температурой в камере сгорания. Время подогрева в таких системах изменяется от **3 до 9 с** при достижении температуры в камере сгорания **800 °С**.

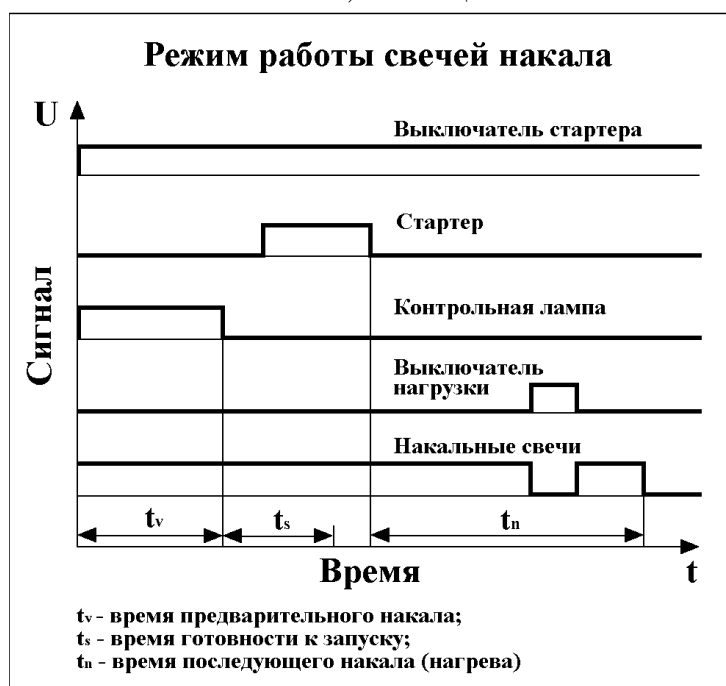
Все перечисленные системы приводятся в действие при повороте выключателя приборов и стартера в положение «ON» (включен), при этом загорается контрольная лампа. Свечи накаливания соединяются с устройствами управления через общий токовый провод. По истечении заданного периода времени реле отключается для предотвращения перегорания свечей. В этот момент контрольная лампа выключается, информируя водителя о готовности двигателя к пуску.

Системы моментального управляемого подогрева являются новым видом. Принципиальное их отличие заключается в приведении в действие отдельного управления каждой свечой в момент запуска двигателя. Подогрев воздуха в камере сгорания происходит, таким образом, в начальный момент пуска. Максимальное время подогрева при температуре окружающего воздуха не ниже **-15 °С** составляет **2 с**. Топливовоздушная смесь в камере сгорания нагревается при этом до температуры **1000 °С**.

В дизельных двигателях с системой управления VP44 применяются электронно-управляемые системы подогрева и системы моментального подогрева.

3.1.2. Режим работы свечей накала.

Функции выключателя приборов и стартера дизельных двигателей подобны функциям выключателя зажигания, имеющегося в бензиновых двигателях. С поворота ключа в



положение «включено» начинается процесс предварительного накала, который индицируется на панели приборов зажиганием контрольной лампы предварительного подогрева. Состояние выключателя и других приборов можно изобразить величиной напряжения (сигнала), поступающего на них. В этом случае режим работы накальных свечей можно показать в виде диаграммы, изображенной на рис. 3.1. Высокий уровень сигнала на диаграмме указывает на рабочее положение прибора.

Рис. 3.1. Диаграмма режима работы свечей накала.

Как только лампа погаснет, можно начинать пуск дизеля от стартера, так как лампа гаснет в момент времени, при котором накальные свечи достаточно нагреты и обеспечивают выделение достаточного количества тепла.

Время, требуемое для начального подогрева, в течение которого горит контрольная лампа, называется *временем предварительного накала* [3]. Запуск дизеля от стартера выполняется, таким образом, после его завершения. Следующий за временем предварительного подогрева промежуток называется *временем готовности к запуску*. Фактически этот промежуток времени представляет собой время ожидания системой предварительного подогрева момента включения стартера. Длительность времени готовности является произвольной и зависит от действий водителя.

В следующей стадии пуска двигатель получает вращение от стартера, и в цилиндры впрыскивается топливо. Его частицы воспламеняются в горячем и сжатом воздухе. Образующаяся в результате сгорания теплота обеспечивает продолжение успешного старта. Так как стенки камеры сгорания прогреты еще недостаточно, свечи накаливания при этом не отключаются и продолжают выделять тепло.

В следующей за успешным стартом стадии продолжающийся процесс подогрева вносит устойчивость в работу двигателя на холостом ходу. Удовлетворительная испаряемость и воспламенение топлива при высокой температуре в камере сгорания способствует уменьшению вибраций (шумности) дизеля и снижению выброса несгоревших продуктов. Системы предварительного подогрева высокого уровня контролируют в этой стадии температуру в камере сгорания и регулируют силу тока накальных свечей.

Время работы накальных свечей после отключения стартера называется *временем последующего накала*. Длительность этого времени регулируется электронными средствами в зависимости от температуры камеры сгорания.

Блок или реле управления предварительным накалом входят в состав системы управления двигателем и имеют информационную связь с контроллером ECU. Информация о состоянии двигателя используется для оптимального управления накальными свечами, что способствует дополнительному снижению шумности в работе двигателя и уменьшению уровня голубого дыма в выхлопе.

Системы моментального подогрева не связаны с приведенной диаграммой режимов работы вследствие включения системы предварительного подогрева одновременно с включением стартера.

3.1.3. Управляемые системы предварительного подогрева.

Управляемыми системами предварительного подогрева оснащаются большинство дизельных двигателей выпуска с середины 90-х г.г. Они обладают возможностью управления временем и температурой разогрева камеры сгорания, а также диагностические и контрольные функции. Функциональная схема управляемой системы подогрева приведена на рис. 3.2.

Контроллер получает информацию о предпусковом состоянии двигателя согласно сигналам от соответствующих датчиков. При повороте ключа выключателя приборов и стартера и поступлении напряжения питания в бортовую сеть контроллер производит проверку (диагностирование) системы управления, включая реле или блок управления свечами, после чего дает разрешение на включение электронного реле.

Реле управления свечами действует следующим образом:

1. Реле информируется контроллером о температуре охлаждающей жидкости, включает контрольную лампу на время t_v и накальные свечи на время t_v+t_s (см. рис. 3.1). Значения времени различаются в зависимости от модели двигателя.

2. Реле открывает электронный ключ управления током свечей и начинает контроль времени t_v , одновременно направляя при этом сигнал контроллеру о начале подогрева.
3. В момент поступления с реле информации о начале прогрева контроллер блокирует включение стартера.
4. Электронное реле контролирует температуру прогрева токовым датчиком для определения поправки на расчетные значения времени. Контроль температуры зависит от функциональных возможностей применяемого реле управления свечами.
5. После истечения времени t_v реле отключает контрольную лампу и сбрасывает до нулевого уровня величину сигнала подогрева.
6. После завершения успешного старта, распознаваемого контроллером по значению частоты вращения коленвала или по сигналам с пусковой цепи, реле рассчитывает время послепускового накала t_n , обеспечивая поддержание тока накаливания свечей.
7. Если до истечения времени работы свечей включаются мощные потребители нагрузки, что распознается контроллером по сигналам с соответствующих выключателей, то контроллер дает команду электронному реле для отключения свечей накаливания.
8. Свечи накаливания отключаются, и подогрев завершается автоматически после истечения времени t_n .

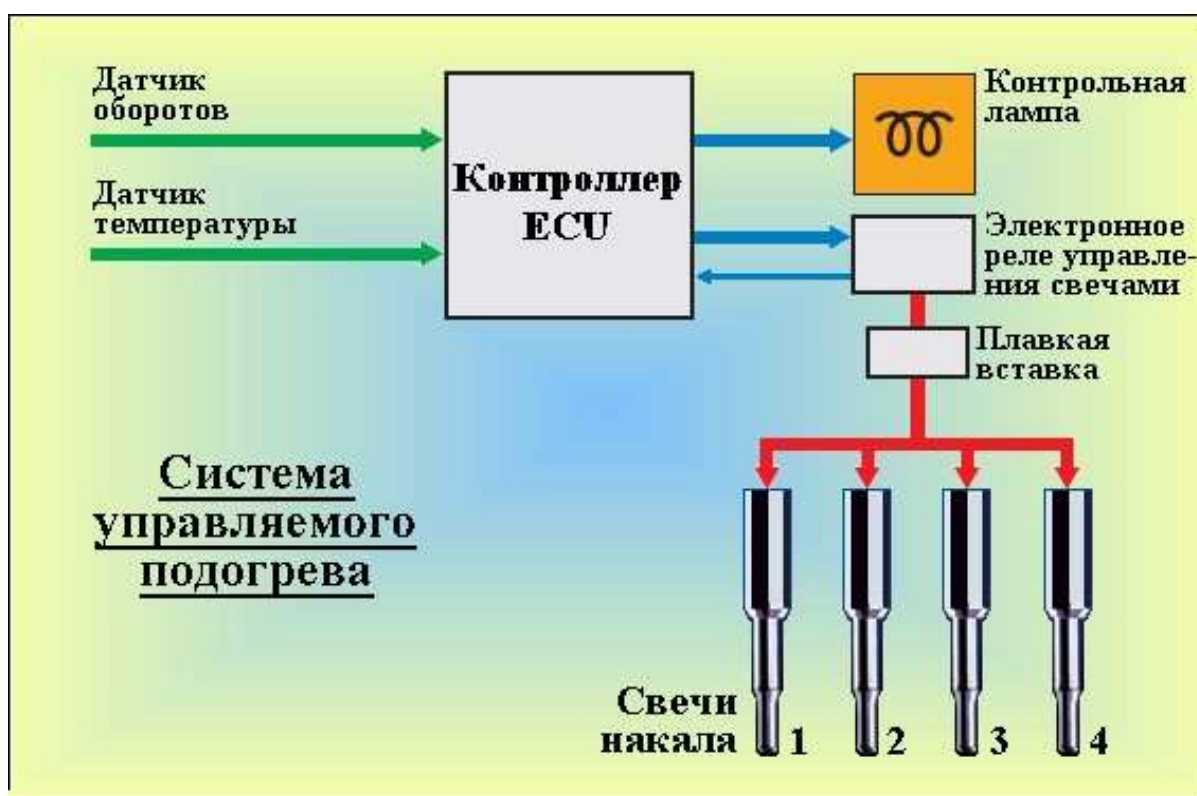


Рис. 3.2. Функциональная схема управляемой системы предварительного подогрева.

3.1.4. Электронная система моментального накаливания ISS.

Система моментального накаливания ISS (Instant Start System) является разработкой BERU и в ее основу положены специальный электронный микропроцессорный блок управления и накаливающие свечи. По своим показателям система подогрева совместно с топливной

системой обеспечивает соответствие стандартам EU4 по токсичности выхлопа с начала пуска уже в первые 40 с. Функциональная схема системы изображена на рис. 3.3.

Система обеспечивает моментальный запуск дизеля при окружающей температуре до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и по продолжительности подготовки к пуску сопоставима с бензиновыми двигателями.

Система состоит из электронного блока управления накалом, электронно-управляемых свечей накаливания, контрольной лампы. Управление включением системы осуществляется от контроллера, который использует сигналы с датчиков аналогично управляемой системе. При старте свечи накаливания включаются одновременно с использованием полного бортового напряжения, после чего переходят в посленакальный режим работы. Его особенность заключается в постоянном снижении напряжения на клеммах свечей, в то время как в обычных системах величина напряжения и, соответственно, силы накального тока не регулируется. Впоследствии свечи переходят на шаговый или тактовый режим работы, при котором каждая свеча накаливания периодически включается, поддерживая заданную температуру в камере сгорания. Система работает при условии концентрации энергии, что означает необходимость поддержания минимального напряжения бортовой сети не ниже $11,5\text{ V}$ вместо $5...6\text{ V}$ в обычных системах.

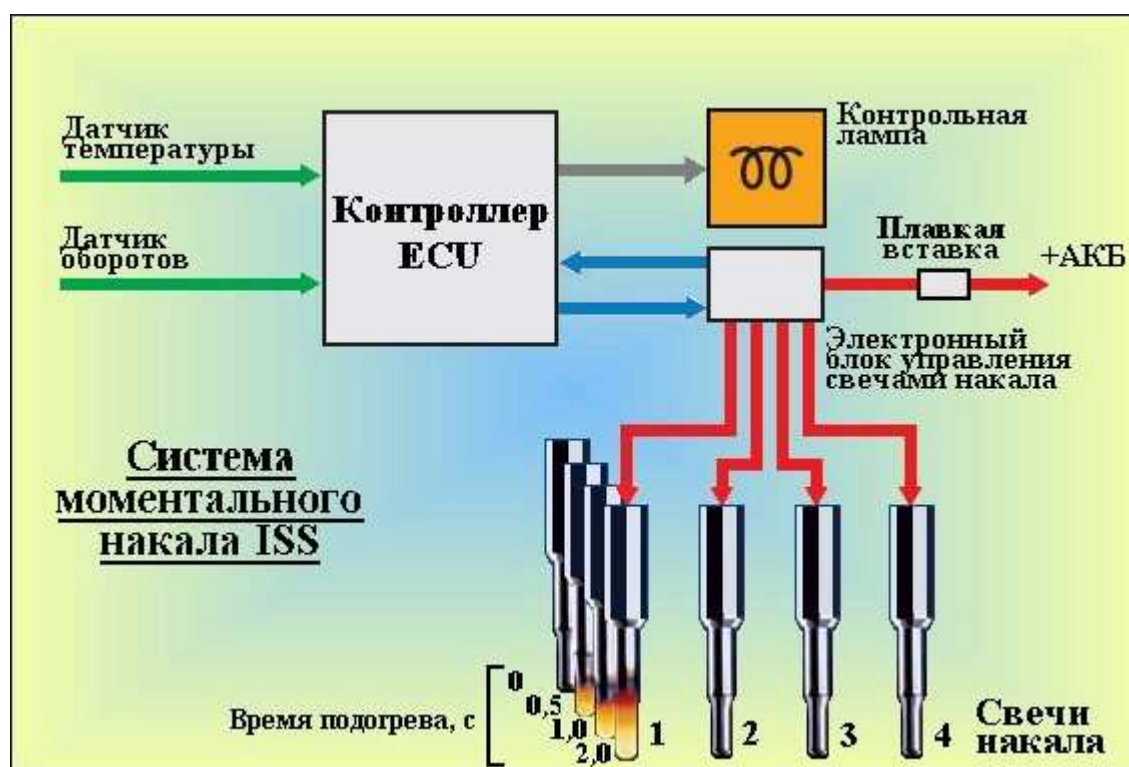


Рис. 3.3. Функциональная схема системы моментального накала.

Электронный блок контролирует напряжение на каждой отдельной свече по величине и во времени. Контроль напряжения обеспечивает поддержание оптимальной силы тока, что гарантирует разогрев камеры сгорания в минимальное время. Контроль напряжения завершается с окончанием прогрева.

Электронный блок имеет отдельный информационный канал связи с контроллером, по которому сообщаются результаты самодиагностики и сигналы обеспечения защиты.

Электронный блок управления свечами накала может выполнять следующие функции:

- включение в режим подогрева;
- управление силой тока каждой отдельной свечи;
- контроль величины напряжения на клеммах свечей;

- диагностика электрических цепей;
- функции защиты свечей накаливания от перегрева;
- распознавание многократного старта;
- регулирование времени подогрева.

Ток накала регулируется с помощью встроенных в электронный блок полупроводниковых управляемых ключей. В начальной стадии подогрева свечи накаливаются максимально, в ходе прогрева управляемое блоком напряжение на клеммах свечей уменьшается в шаговом режиме, что обеспечивает требуемое регулирование силы тока. Напряжение (сила тока) любой из свечей могут быть повышены, если, к примеру, свеча охладится поступающим воздухом при изменении оборотов или нагрузки.

В ходе прогрева электронный блок постоянно выполняет функции самодиагностики, направляя обработанную информацию общему контроллеру.

В случае распознавания блоком многократного старта, отмечаемого при попытках преодоления неудачного пуска, блок управления обеспечивает снижение токовой нагрузки свечей с целью защиты их от перегрева.

Время работы накальных свечей корректируется в зависимости от степени прогрева камеры сгорания.

При температуре ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ система включается обычным образом, обеспечивая предварительный подогрев, но время продолжительности предварительного накала t_v не превышает **2 с**, в течение которого обеспечивается нагрев до **1000 °C**. Время предварительного накала обычных систем может достигать почти до 1 мин при достижении температуры в камере сгорания **800 °C**.

Максимальный общий ток потребления накальными свечами не превышает **40...50 А**. Система способствует равномерной работе двигателя на холостом ходу без вибраций и повышенной шумности. Прогрев камеры сгорания кроме улучшения воспламенения топлива обеспечивает снижение выброса в выхлопе твердых частиц (сажи).

3.2. Рециркуляция выхлопных газов (EGR)

3.2.1. Снижение токсичности выхлопных газов.

В результате сгорания топлива в выхлопных газах, кроме основных продуктов сгорания воды H_2O и химически нейтральной двуокиси углерода CO_2 , присутствуют в относительно низкой концентрации вредные токсичные вещества, считающиеся продуктами загрязнения выхлопа. По содержанию и количеству токсичных веществ различаются "чистые" и "загрязненные" двигатели. К токсичным веществам относятся:

- окись углерода CO ;
- несгоревшие углеводороды HC ;
- твердые продукты сгорания в виде микроскопических частиц сажи PM (Particulate Matter);
- окислы азота NO_x ;

Кроме перечисленных веществ в продуктах загрязнения присутствуют окись серы SO_2 и серная кислота H_2SO_4 , которыми из-за их очень низкой концентрации пренебрегают. Ответственными за выброс токсичных веществ является количество поступающего в цилиндры воздуха, качество топлива, качество его распыления и точность параметров впрыска топлива, момента впрыска и расчетной дозы. Снижение до допустимых пределов уровня в выхлопе окислов углерода, углеводорода и твердых частиц достигается их дожиганием в каталитическом нейтрализаторе. Окислы азота окислению до ней-

трального уровня катализаторами не поддаются, поэтому снижение их содержания в выхлопе должно производиться до поступления в систему выхлопа, то есть непосредственно в цилиндрах двигателя на этапе сгорания топлива. Для снижения содержания окислов азота в выхлопных газах двигателя оснащаются *системой рециркуляции (возврата) выхлопных газов EGR* (Exhaust Gas Recycling).

Система EGR обеспечивает отвод части нейтральных по химическому составу выхлопных газов обратно во впускной коллектор и смешивание их со свежим химически активным горючим зарядом. При этом необходимо учитывать, что вмешательство в процесс сгорания и изменение условий сгорания топлива, связанное с изменением содержания заряда приводит при некоторых условиях к изменению концентрации остальных токсичных веществ. Существенное уменьшение концентрации токсичных веществ возможно только при полном сгорании топлива, обеспечиваемого точным поддержанием состава горючей смеси, абсолютной точностью процесса впрыска, степенью дробления топлива при впрыске и завихрением топливовоздушной смеси в камере сгорания.

Компоненты выхлопных газов, такие как окись углерода и сажа образуются в очень низких концентрациях при избыточном количестве кислорода или воздуха, необходимого для работы дизеля. Избыток кислорода начинает уменьшаться с увеличением количества впрыскиваемого топлива, например при увеличении нагрузки, или оборотов, в результате чего кислорода становится недостаточно для полного окисления топлива, и возрастает содержание в выхлопных газах окиси углерода CO и углеводородов CH. Если избыток воздуха мал, то выбросы должны быть ограничены, что достигается точным дозированием количества топлива в зависимости от нагрузки и оборотов и установкой момента впрыска топлива. Отклонение начала впрыска топлива на 1° приводит к увеличению содержания NO_x и HC на 5% и 15% соответственно. При уменьшении количества впрыскиваемого топлива, например на режиме холостого хода, или на частичных нагрузках, доля воздуха в составе горючего заряда увеличивается. В этом случае горючие смеси становятся обедненными или бедными по своему составу. При горении таких смесей возрастает локальная температура во фронте распространения пламени. Высокая температура при избытке воздуха, в составе которого содержится 78,1% азота, являются достаточными условиями для формирования окислов NO_x. Для образования окислов требуется температура 2400...2500 °C, при сгорании обедненных горючих смесей локальная температура начинает превышать 2500 °C, вызывая резкое увеличение содержания окислов азота. В двигателях с EGR система рециркуляции обеспечивает понижение температуры сгорания для снижения выбросов NO_x на режиме холостого хода частичных нагрузках. Смешивание выхлопных газов с воздухом понижает концентрацию кислорода, окисляющего азот, чем ограничивается влияние одного из факторов формирования окислов. С другой стороны, выхлопные газы имеют более высокую теплоемкость, чем воздух, то есть они способны к поглощению выделяемой теплоты сгорания. Благодаря этому свойству рециркулируемые в камеру сгорания выхлопные газы поглощают часть тепла, понижая локальную температуру сгорания, чем снижается содержание в выхлопе окислов азота NO_x.

3.2.2. Скорость (число) рециркуляции.

Время включения в работу системы EGR и определение количества рециркулируемых газов рассчитывается контроллером. Контроллер распознает режим работы двигателя по сигналу с датчика числа оборотов (на двигателях с ТНВД VP44 по сигналу с ВМТ-датчика) и для распознанного режима рассчитывает количество впрыскиваемого топлива. Впрыскиваемая доза топлива должна соответствовать количеству всасываемого в цилиндры воздуха, поэтому очередным сигналом является сигнал с расходомера возду-

ха, по величине напряжения которого определяется масса поступающего в цилиндры воздуха. Для выполнения корректировки, учитывающей состояние двигателя, контроллер оценивает величину сигналов с датчиков температуры двигателя, воздуха и атмосферного давления. В простом варианте достаточно только двух сигналов с расходомера воздуха и температурного датчика.

Для рассчитанных количеств топлива и поступающего воздуха контроллер определяет объем выхлопных газов, требуемых для рециркуляции. Количество этих газов должно быть таким, чтобы с одной стороны максимально снизить содержание окислов азота в выхлопе, и в то же время это количество должно быть ограниченным, так как для сгорания впрыскиваемого топлива в цилиндрах требуется достаточное, а для дизелей избыточное количество кислорода. Исследования систем рециркуляции и опыт эксплуатации автомобилей показали, что количество рециркулируемых газов должно находиться в строгой пропорциональной зависимости от количества горючей смеси (смеси топлива с воздухом). Необходимое количество рециркулируемых газов определяется через коэффициент, называемый *скоростью* или *числом рециркуляции*. Скорость рециркуляции - это отношение между количеством рециркулируемых газов и общим количеством газовой смеси в цилиндрах:

$$\tau_{EGR} = \frac{m_{EGR}}{m_{tot}} \times 100\% = \frac{m_{EGR}}{m_f + m_{air} + m_{EGR}} \times 100\% \quad (7)$$

где τ_{EGR} - скорость (число) рециркуляции;

m_{EGR} - количество рециркулируемых выхлопных газов;

m_{tot} - общее количество газовой смеси,

m_f - количество впрыскиваемого топлива;

m_{air} - количество воздуха.

Скорость рециркуляции определяют в процентах.

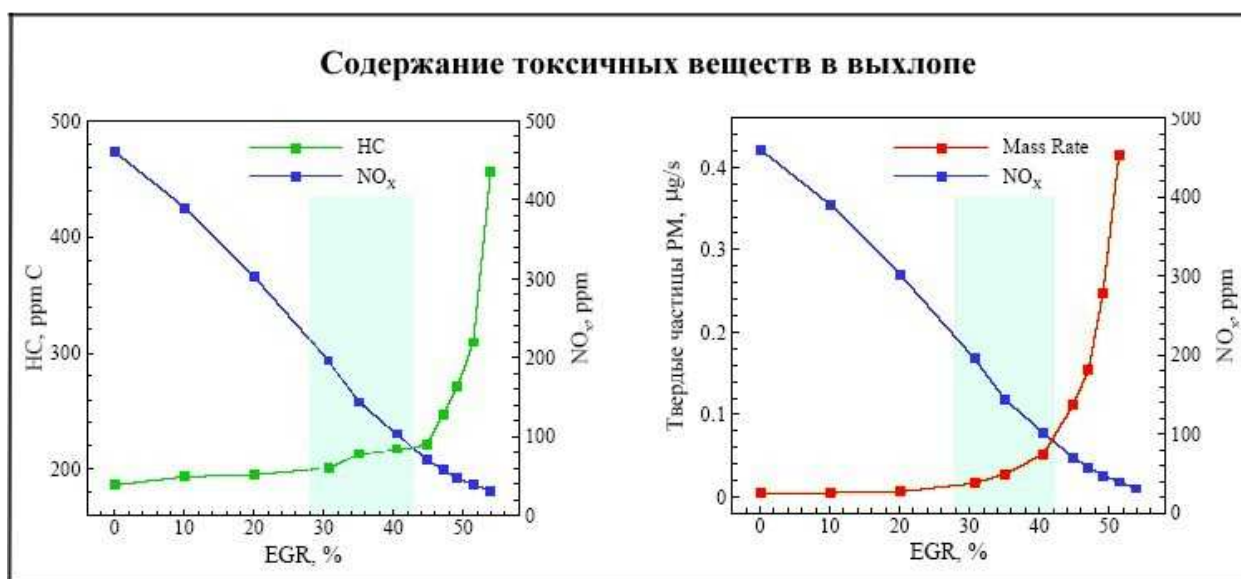


Рис. 3.4. Изменение концентрации загрязнений в выхлопе.

Увеличение скорости рециркуляции уменьшает расход свежего воздуха для двигателя и, таким образом, коэффициент избытка воздуха λ [1]. Для дизельных двигателей минимальное значение коэффициента, при котором двигатель способен к работе, составляет

$\lambda=1,2$. Этому значению коэффициента соответствует скорость рециркуляции **60%**. Таким образом, скорость рециркуляции может изменяться в пределах **0...60%** с различным эффектом по загрязнению выхлопа. Изменение содержания токсичных веществ в выхлопных газах при различных скоростях рециркуляции приведено на рис. 3.4.

Диаграмма концентрации токсичных веществ отображает изменение содержания компонентов выхлопа, подверженных воздействию рециркуляции.

Уменьшение скорости рециркуляции приводит к увеличению в выхлопе содержания окислов азота NO_x . Оптимальное значение скорости рециркуляции, обозначенное на рисунке затененной областью, составляет **35...40%**, причем, чем точнее поддерживается эта величина, тем "чище" работает двигатель.

3.2.3. Рециркуляция выхлопных газов в замкнутой системе.

Система рециркуляции EGR обеспечивает разбавление всасываемого воздуха частью выхлопных газов, являющихся химически более нейтральными. Этот метод применяется в целях сокращения содержания загрязняющих окислов азота. Выхлопные газы возвращаются (рециркулируются) обратно на вход двигателя через управляемую систему рециркуляции. Принципиальная схема замкнутой системы приведена на рис. 3.5.

Система рециркуляции предназначена для снижения токсичности выхлопа, конкретно, уменьшения эмиссии (выделения) суммарных окислов азота NO_x , в совершенных системах управления двигателем система рециркуляции дополняется селективными каталитическими нейтрализаторами, благодаря чему обеспечивается снижение до минимально-допустимого уровня эмиссии окислов азота NO_x , окиси углерода CO , несгоревших углеводородов HC и твердых продуктов выделения (частиц) PM (Particle Matter).

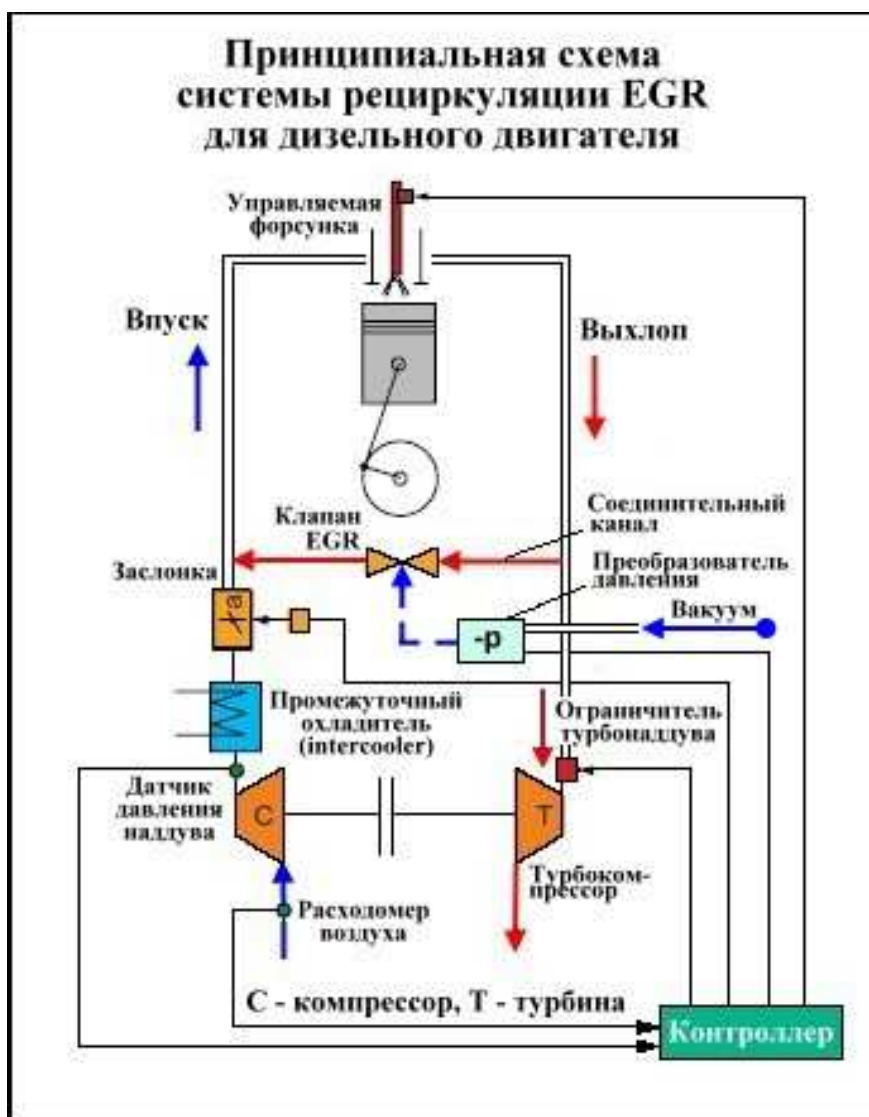


Рис. 3.5. Принципиальная схема системы EGR.

Система EGR является замкнутой и выполнена в виде соединительного канала между впускным и выпускным коллекторами. В канал встроен управляемый клапан рециркуляции EGR. Газовая рециркуляция в замкнутой системе обеспечивается разностью на давлении на выходе и входе канала. Этот перепад давления вызван противодействием на выхлопе и разрежением на впуске.

Интенсивность рециркуляции в замкнутой системе настраивается электронным блоком управления двигателем, обеспечивающим расчет и, соответственно, изменение степени открытия клапана EGR, благодаря чему изменяется интенсивность струи рециркулируемых газов в соединительном канале.

Свежий воздух нагнетается в цилиндры турбокомпрессором. В результате уплотнения воздух нагревается, и для его охлаждения во впускном тракте установлен промежуточный охладитель. Во время запуска холодного дизеля охладитель выполняет противоположную функцию – подогрев воздуха, что необходимо для облегчения пуска. После охлаждения воздух смешивается с частью выхлопных газов, направляемых по соединительному каналу через клапан EGR.

Клапан EGR пневмомеханического типа и приводится в действие низким давлением, сообщаемым клапану от преобразователя давления. В систему рециркуляции входит также механический вакуумный насос, предназначенный для создания вакуума и привода от него клапана EGR и ограничителя давления наддува.

Чтобы обеспечить клапану открытие на необходимую высоту, величина разрежения должна изменяться. Регулирование величины разрежения, подводимого к клапану EGR, осуществляется по командам контроллера преобразователем давления. Преобразователь является устройством электромеханического типа и приводится в действие импульсным током, поступающим от контроллера. Работа преобразователя давления заключается в сообщении части атмосферного воздуха в вакуумный канал, связывающий преобразователь с клапаном EGR, благодаря чему давление в канале повышается, и изменяется открытие клапана EGR. Клапан открывается на максимальную величину в результате подвода к нему полного вакуума, а закрывается (запирается) атмосферным давлением. При открытии клапана часть выхлопных газов начинает циркулировать через соединительный канал, поступая во впускной тракт, и далее через камеру сгорания вновь возвращаются в выхлопную систему.

Для снижения содержания окислов азота и прочих токсичных веществ до минимального допустимого уровня требуется точная дозировка впрыскиваемого топлива, изменением количества которого регулируется состав горючей смеси. Для регулирования состава смеси контроллер получает информацию о нагрузке и состоянии двигателя в виде электрических сигналов от датчиков: расходомера воздуха, давления и других.

Количество рециркулируемых газов (скорость рециркуляции) EGR определяется химическим составом выхлопа и количеством воздуха на впуске. В простейших системах скорость рециркуляции определяется исходя из массы воздуха на впуске, в более сложных системах скорость вычисляется на основании измерений концентрации углекислого газа в выхлопных газах и сравнении таковой с концентрацией в атмосферном воздухе или на впуске.

3.2.4. Эмиссия выхлопа.

Для двигателей, оснащенных ТНВД VP44, характерно низкое содержание токсичных веществ в выхлопе. Изменение количества вредных компонентов в выхлопе в зависимости от изменения условий эксплуатации двигателя показано на приведенных ниже диаграммах.

Эмиссия NO_x .

Изменение эмиссии NO_x в результате рециркуляции отображено на рис. 3.6.

На приведенной диаграмме, как и в последующих, в матричной форме показано изменение содержания окислов азота для различных величин нагрузок и при различных открытых положениях клапана EGR.

Величина рециркуляции в % показывает степень открытия соединительного канала, в данном случае ее значения означают величину, близкую к скорости рециркуляции. Как следует из приведенной зависимости, на эмиссию NO_x в значительной степени влияет скорость рециркуляции EGR.

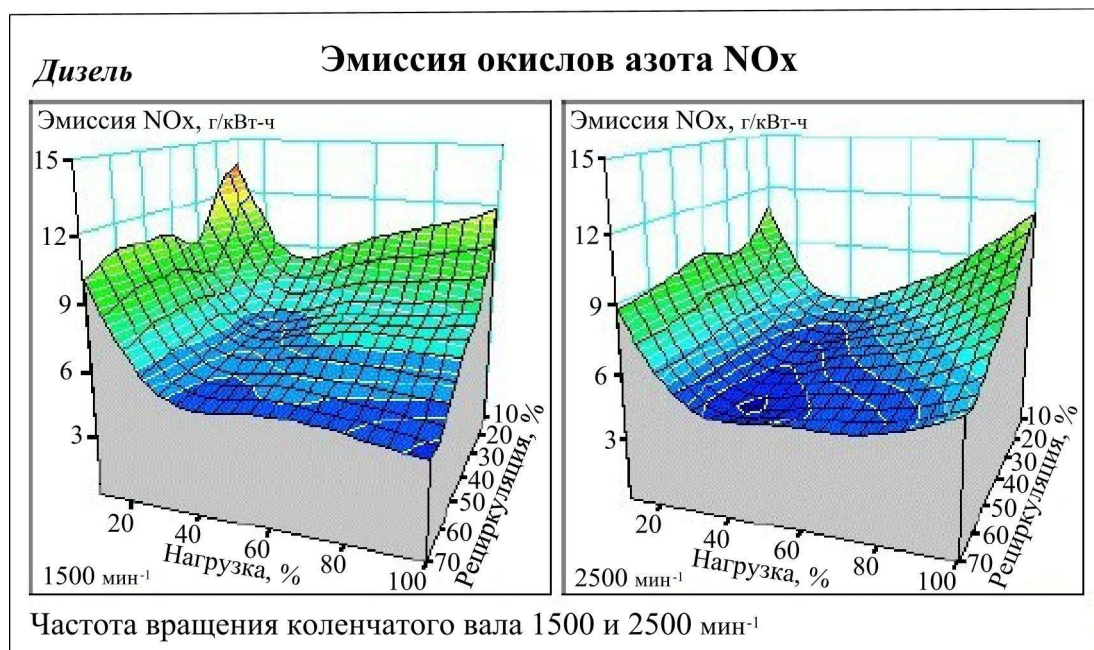


Рис. 3.6. Зависимость эмиссии окислов азота от режимов рециркуляции.

Эмиссия NO_x уменьшается, когда скорость EGR или количество возвращаемых на впуск выхлопных газов увеличивается. Это наиболее очевидно на предельной нагрузке, но на этом режиме и при повышении оборотов рециркуляция запрещается для достижения максимальных ходовых качеств автомобиля, когда наиболее важна энергетически эффективная топливовоздушная смесь.

Эмиссию окислов азота в значительной степени зависит от нагрузки на двигатель, при этом скорость двигателя не оказывает решающего воздействия. Наибольшее выделение окислов отмечается при работе двигателя на малых нагрузках, когда бедный состав горючей смеси способствует значительному повышению температуры сгорания. Согласно закономерности изменения эмиссии окислов азота увеличение выделения NO_x наблюдается при обеднении горючих смесей. Рециркуляция выхлопных газов на малых нагрузках не приводит к значительному снижению содержания NO_x независимо от скорости рециркуляции.

Эмиссия CO.

Изменение эмиссии CO изображено на рис. 3.7. Как следует, EGR не имеет значительного воздействия на эмиссию CO ниже 80 % нагрузки на двигатель.

Наоборот, эмиссия CO возрастает при нагрузке свыше 80 % при увеличении скорости EGR. Это можно объяснить уменьшением отношения воздух/топливо или коэффициента состава смеси, когда используется смесь, обогащенная топливом.

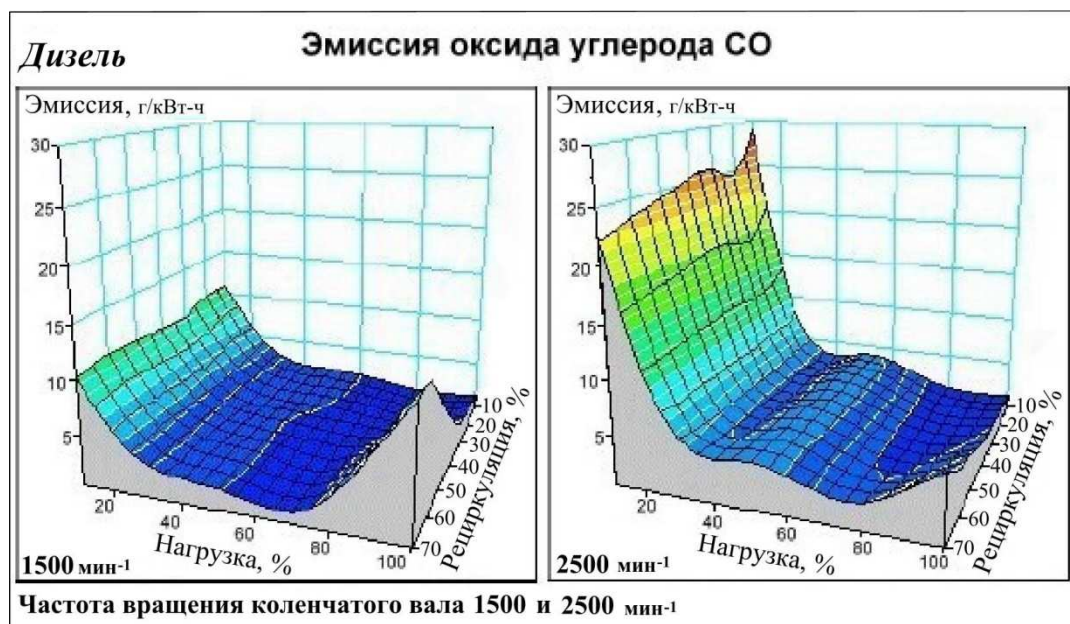


Рис. 3.7. Зависимость эмиссии CO от режимов рециркуляции.

Эмиссия HC.

Изменение эмиссии HC изображено на рис. 3.8.

EGR не оказывает почти никакого эффекта на эмиссию HC. Можно обратить внимание на уменьшение эмиссии при очень низкой нагрузке, когда EGR наиболее важна.

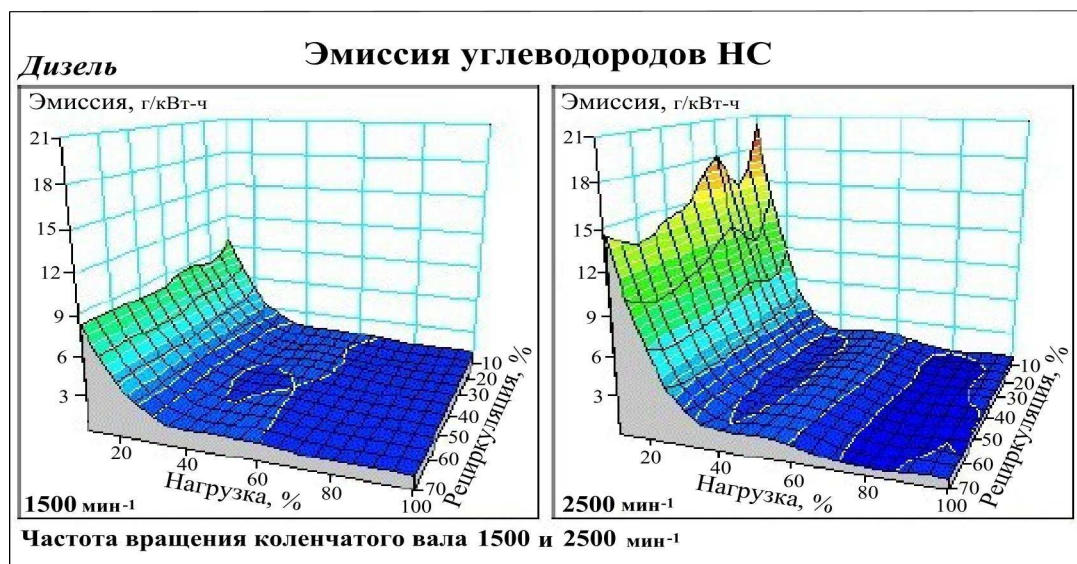


Рис. 3.8. Зависимость эмиссии HC от режимов рециркуляции.

Заключение.

1. Эффективность системы EGR и результаты снижения эмиссии на различных режимах работы двигателя идентичны и не зависят от вида используемого топлива.
2. Система EGR обеспечивает снижение эмиссии NO_x, не оказывая влияния на изменение эмиссии HC и CO. Эмиссия CO возрастает при увеличении нагрузки на двигатель.

3. Эффективное управление EGR должно обеспечивать приведение NO_x до минимальных значений без увеличения эмиссии CO. Для достижения этого функционирование EGR ограничивается при переходе к предельной нагрузке, а также при увеличении частоты вращения.
4. Поскольку эмиссия NO_x уменьшается со скоростью рециркуляции в замкнутой системе, функционирование EGR при частичной нагрузке не снижает эффективность (КПД - коэффициент полезного действия) двигателя, если отсутствуют ограничения на содержание CO в выхлопе.
5. Система EGR совместно с каталитическими нейтрализаторами и при использовании альтернативных топлив позволяет воспользоваться преимуществом естественного приведения эмиссии CO, HC и PM к минимальному уровню в результате приведения эмиссии NO_x до значений, обеспечиваемых EGR.

3.2.5. Типовая функциональная схема управления рециркуляцией.

3.2.5.1. Общее устройство функциональной схемы EGR.

Общий вид типовой схемы, принятой на дизельных двигателях концерна VW, Opel, Audi, представлен на рис. 3.9. Типовая схема применяется на большинстве дизельных двигателей, оснащаемых топливными насосами с высоким давлением впрыска, но типовая схема управления рециркуляцией в своем окончательном варианте использовалась и ранее, при этом по своему устройству она мало отличается от используемых в бензиновых двигателях систем. Выбор системы в большей степени определяется требованиями по поддержанию точности скорости рециркуляции и содержанием выбросов в выхлопе в допустимых пределах и техническими свойствами турбокомпрессора, чем типом топливной системы.

Для дизельных двигателей приведение эмиссии выхлопа до минимального содержания в выхлопных газах окислов азота No_x определяется не только применением системы рециркуляции, но также мерами по повышению точности управления моментом впрыска и дозированием топлива. Использование в дизелях высокого давления впрыска способствует высокой степени дробления топлива, благодаря которой значительно понижается время окисления топлива при сгорании и условия для образования NO_x .

В системе рециркуляции основным датчиком состояния двигателя является термоанемометрический расходомер воздуха, вырабатывающий сигнал, кратный массовому расходу воздуха. В типовых системах для измерения расхода вместо расходомеров могут применяться стандартные датчики давления, при этом датчик давления может встраиваться в контроллер, что применяется на автомобилях VW. К контроллеру в этом случае подводится вакуумная трубка от впускного тракта.

Исполнительными устройствами являются преобразователь низкого давления и клапан EGR, выполненные как отдельные самостоятельные устройства. Типовая система может иметь не принципиальные конструктивные особенности, связанные с размещением клапана EGR на впускном трубопроводе и применением дополнительных устройств для надежного закрытия клапана EGR.

Воздухо-воздушный охладитель не является устройством в составе системы рециркуляции, но необходим для охлаждения нагревающегося турбокомпрессором воздуха и выравнивания его плотности в целях предотвращения искажений расхода воздуха, измеряемого на входе в холодном состоянии.

Прочие сигналы о состоянии двигателя, требуемые для функционирования системы рециркуляции, поступают на входы контроллера согласно конфигурации цифровой системы управления (см. гл. 1.3).



Рис. 3.9. Типовая функциональная схема управления рециркуляцией.

3.2.5.2. Устройство исполнительных механизмов типовой системы рециркуляции.

Клапан EGR.

Клапан EGR, как правило, встраивается в выпускной трубопровод и является стандартным клапаном, приводимым в действие регулируемым управляющим давлением. Устройство клапана EGR изображено на рис. 3.10. Величина управляющего давления формируется преобразователем давления (линейным клапаном) путем перепуска части атмосферного воздуха в вакуумный канал, низкое давление в котором создаётся механическим вакуумным насосом с приводом от коленвала. Основными сигналами контроллеру для приведения в действие системы, являются сигнал количества воздуха, поступающего с расходомера, и сигнал величины давления воздуха на впуске, вырабатываемый контроллером от встроенного датчика. Один из этих сигналов используется для корректировки величины нагрузки. Дополнительно для обеспечения функционирования EGR используется сигнал частоты вращения двигателя.



Рис. 3.10. Устройство клапана EGR.

От преобразователя давления низкое управляющее давление (разрежение) поступает в диафрагменную камеру. Разрежением создается втягивающее усилие, действующее первоначально на передаточный узел через впускное отверстие. Так как разрежение возрастает линейно, то вначале преодолевается сопротивление передаточной пружины, имеющей малую жесткость. После незначительного хода вверх по схеме передаточного узла начинается рабочий ход

трубки с закрепленным на ней чашкой-клапаном, и закрывается впускное отверстие. Управляющее давление начинает действовать в диафрагменной камере, а усилие от разрежения начинает преодолевать сопротивление упругости основной пружины. Трубка передаточного узла совместно с клапаном завершает рабочий ход.

Величина рабочего хода, то есть степень открытия клапана, от которой зависит количество рециркулируемых газов, зависит от баланса сил со стороны пружин и управляющего давления.

Линейный клапан (преобразователь давления).

Клапан рециркуляции EGR управляется от электронного блока управления двигателем через электропневматический линейный преобразователь давления. Преобразователь давления согласно электрическим сигналам управления, поступающим от контроллера, бесступенчато изменяет величину разрежения, сообщаемого от вакуумного насоса, и передает преобразованное (управляющее) давление к клапану рециркуляции.

Управляющее давление предоставляет возможность для регулирования открытия клапана рециркуляции EGR, чем изменяется количество направляемых во впускной тракт выхлопных газов. Сигналами для открытия клапана и направления части выхлопных газов обратно во впускной тракт являются сигнал о частичном перемещении педали акселератора TPS (изменение нагрузки) и сигнал частоты вращения коленвала RPM.

Рис. 3.11. Электромагнитный преобразователь

давления.



При движении на полной нагрузке сигнал о максимальном перемещении педали акселератора используется для запрета рециркуляции, аналогично сигнал частоты вращения свыше 3000 об/мин является запрещающим. Принцип действия системы рециркуляции, выполненной по типовой схеме, полностью соответствует управлению замкнутой системы.

Типовая схема обеспечивает снижение активного выделения окислов азота, отмечаемого на холостом ходу или на неполной нагрузке при движении с частотой вращения до 3000 об/мин, когда повышается температура в зоне горения горючей смеси. Выше этой частоты вращения или при оборотах близких к половине от максимальных, а также при движении на полной нагрузке клапан EGR выключается в целях ограничения дымности выхлопа. Выключение клапана обеспечивается сообщением ему атмосферного давления от преобразователя давления. Внутреннее устройство одной из модификаций преобразователя давления приведено на рис. 3.11.

Преобразователи давления или линейные клапаны имеют принципиальное различие по наличию в них датчика хода соленоида. Преобразователь управляет разрежением, создаваемым вакуумным насосом, и сообщает его к клапану рециркуляции EGR в соответствии с командами, поступающими от контроллера.

Для изменения скорости рециркуляции или количества рециркулируемых выхлопных газов за счет увеличения силы тока может частично открываться атмосферный канал клапана, благодаря чему повышается давление в вакуумном канале и уменьшается общее количество рециркулируемых газов.

Типовые системы различаются по расположению клапана рециркуляции, который может располагаться на впускном или выпускном трубопроводах.

3.2.5.3. Устройство исполнительных механизмов системы рециркуляции с размещением клапана EGR на впуске.

Схема размещения клапана EGR на впускном трубопроводе применяется на автомобилях Toyota с топливными насосами VP30.

Вакуумный распределительный клапан.

Оригинальное наименование клапана – вакуумный распределительный клапан, его устройство приведено на рис. 3.12. По устройству и принципу действия клапан является преобразователем низкого давления.

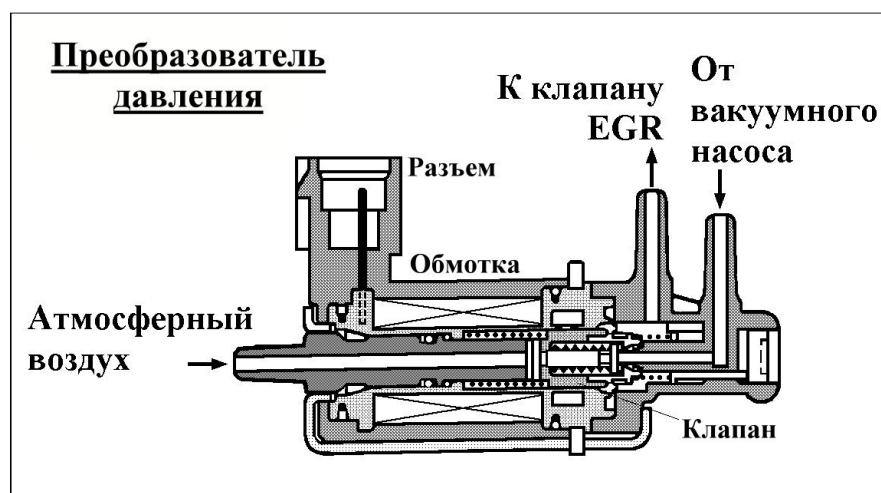
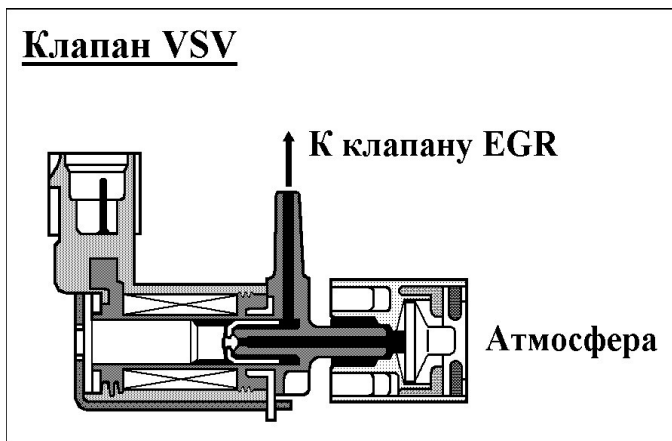


Рис. 3.12. Устройство распределительного клапана.

Клапан управляет давлением в вакуумном канале, за счет направления в него части атмосферного воздуха, повышающего низкое давление, создаваемого вакуумным насосом. Регулируемое низкое давление передается в мембранную камеру клапана EGR, обеспечивая его открытие.

Клапан однообмоточный с подпружиненным соленоидом. Положение соленоида относительно управляемых каналов зависит от силы проходящего через обмотку импульсного электрического тока. Средняя сила тока регулируется путем изменения скважности импульсов. При изменении силы тока частично открывается/закрывается атмосферный канал клапана, благодаря чему повышается/понижается давление в вакуумном канале.

Соленоидный атмосферный клапан VSV.



Внутреннее устройство клапана приведено на рис. 3.13. Основное назначение клапана заключается в полном устранении разрежения в вакуумном канале за счет соединения его с атмосферой для надежного запираения выхлопного канала, когда клапан EGR закрыт. Клапан электромагнитного типа, соленоидный однообмоточный. Клапаны подобного типа применяются на автомобилях Toyota.

Рис. 3.13. Электромагнитный атмосферный клапан.

Клапан EGR.

Общий вид клапана представлен на рис. 3.14. В системе рециркуляции применяются клапаны EGR стандартного конструктивного исполнения и специальные. Клапан предназначен для открытия и закрытия соединительного трубопровода (трубки от выхлопного коллектора), по которому во впускной тракт поступает часть выхлопных газов. Для открытия клапана используется разрежение, сообщаемого от вакуумного насоса через вакуумный распределительный клапан (преобразователь давления). При применении клапанов стандартной конструкции выхлопные газы циркулируют через корпус клапана, и смешивание их с чистым воздухом происходит во впускном трубопроводе.

Представленный на схеме клапан относится к специальным. Клапан устанавливается на впускном трубопроводе через дополнительный соединительный узел. Смешивание выхлопных газов с воздухом происходит непосредственно в корпусе клапана, благодаря чему рабочие части клапана охлаждаются свежим воздухом, и клапан EGR способен управлять рециркуляцией на более высоких нагрузках двигателя.

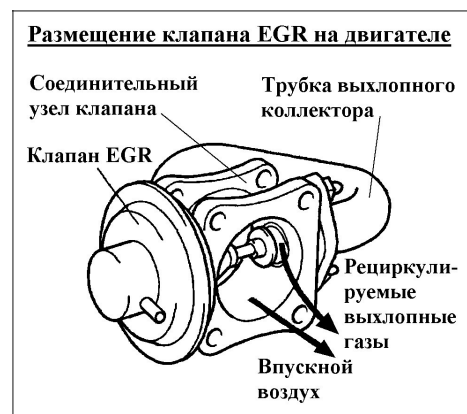


Рис. 3.14. Клапан EGR Toyota.

3.2.6. Функциональная схема электронного управления рециркуляцией EGR.

3.2.6.1. Общее устройство системы рециркуляции EGR.

Схема электронной системы управления рециркуляцией Bosch приведена на рис. 3.15.



Рис. 3.15. Функциональная схема электронной системы EGR.

Система называется электронной благодаря прямому соединению контроллера с клапаном EGR. С этой целью клапан и преобразователь давления объединены в один узел - линейный клапан EGR. Поток рециркулируемых газов управляется контроллером посредством специального сигнала, фиксирующего действительную величину открытия клапана. К электронным системам рециркуляции с полным основанием можно отнести также системы EGR с типовой конфигурацией, у которых разделены клапан EGR и линейный преобразователь давления, имеющий встроенный датчик положения перепускного клапана. В таких системах скорость рециркуляции должна рассчитываться из количества поступающего воздуха с учетом состояния двигателя и иметь обратную связь. Сигналом обратной связи является сигнал датчика положения, по которому корректируется фактическое количество рециркулируемых газов.

Принцип действия электронной системы в точности соответствует типовой схеме. Электронная система позволяет достичь более высокой точности при поддержании скорости рециркуляции. Это достигается применением обратной связи и быстродействующих исполнительных приборов. Обратная связь заключается в поступлении на один из входов контроллера сигнала о величине подъема соленооида линейного клапана, который фиксирует действительное количество рециркулируемых газов. При отклонении действительного подъема соленооида линейного клапана от расчётной, контроллер вводит поправку на величину скважности тока управления. Приоритет отдается расчётному значению скорости рециркуляции. Система рециркуляции EGR может применяться также в бензиновых двигателях.

3.2.6.2. Описание и принцип действия линейного клапана EEGR.

Линейные клапаны EEGR применяются в замкнутых электронных системах рециркуляции. Клапан обеспечивает плавное, непрерывное рециркулирование количества рециркулируемых выхлопных газов, рассчитанного контроллером.

Рециркуляция производится за счет подъема клапана относительно гнезда, приводимого в действие соленоидным механизмом. Количество рециркулируемых газов регулируется путем изменения высоты подъема клапана, фиксируемой в свою очередь датчиком положения оси соленоида. Датчик расположен в крышке клапана. Сигнал датчика используется в качестве обратной связи для расчета количества рециркулируемых газов и управления потоком в замкнутой системе. Общее устройство одного из вариантов клапана изображено на рис. 3.16.

Контроллер рассчитывает требуемое количество газов и направляет на клапан команду управления в виде модулированного импульсного сигнала. Изменение количества рециркулируемых газов для различных нагрузок и оборотов обеспечивается изменением скважности управляющего импульса. Датчик положения оси обеспечивает непрерывное поступление сигнала обратной связи на вход контроллера. Контроллер сравнивает величину фактического сигнала, пропорциональную действительной высоте подъема клапана с расчетной оптимальной величиной.

При отклонении действительного сигнала от расчетного микропроцессор обеспечивает модуляцию скважности импульса управления, благодаря чему корректируется средняя сила тока, и клапан занимает новое положение относительно седла. Изменение позиции клапана обеспечивает корректировку количества рециркулируемых газов и приведение его к приоритетному расчетному значению.

Технические параметры:

сопротивление обмотки катушки – **8,2 Ом**;

полное сопротивление датчика – **5 кОм**;

допустимая температура обмотки – **185 °С**.

Форма импульсного тока управления линейными клапанами приведена на осциллограммах 8 и 9 приложения 1.

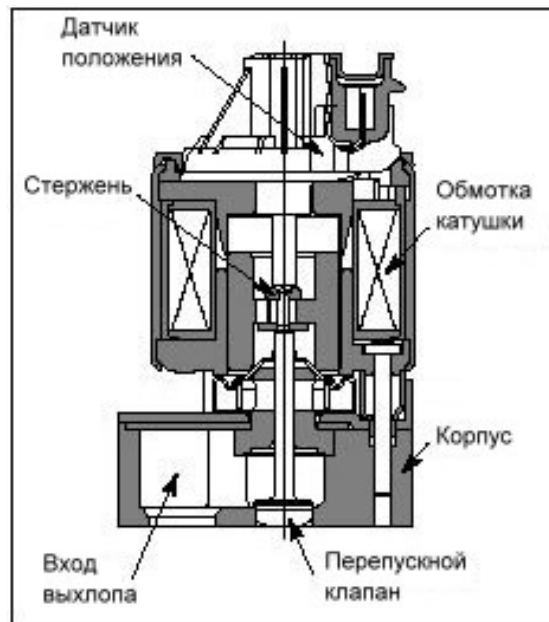


Рис. 3.16. Общее устройство клапана EEGR.

3.2.6.3. Функции линейного клапана.

Датчик позиции оси PPS (Pintle Position Sensor).

Датчик вырабатывает электрический сигнал, соответствующий положению оси клапана (чашки). Сигнал датчика используется для управления по обратной связи. При изменении положения клапана изменяется значение сигнала, по величине которого контроллер рассчитывает количество рециркулируемых газов. Датчик является резистивным измерительным потенциометром и обеспечивает:

- оценку величины баланса сил, приложенных к соленоиду;
- контроль степени открытия клапана замкнутой системы, позволяющий корректировать положение оси клапана для компенсации отклонения от средних значений по:
 - напряжению,

- трению,
- колебанию давления,
- допускам на изготовление;
- возможность самодиагностики системы EGR;
- расчет контроллером количества рециркулируемых газов, основанный на сигналах PPS/RPM/MAP/TPS (позиция оси клапана/обороты/расход воздуха/нагрузка). Поступающие на входы контроллера сигналы позволяют сделать допустимым обращение к памяти, в которой исходные данные записаны в матричной форме.

Соленоид.

Соленоид приводит в действие чашечный перепускной клапан за счет магнитной силы, действующей на него при прохождении тока через электрическую обмотку. Положение соленоида в обмотке определяется балансом магнитной силы и прочих механических сил, действующих на клапан. Ток управления соленоидом - электрический ток, проходящий через обмотку, импульсной формы переменной скважности. Средняя сила тока определяет величину магнитной силы. Свойства соленоида:

- изменяемая скважность тока управления модулируется контроллером согласно величинам сигналов PPS/RPM/MAP/TPS;
- ток обмотки управляет величиной приложенной к соленоиду магнитной силы;
- магнитная сила служит для определения результирующей всех других сил, действующих на ось;
- величина магнитной силы пропорциональна степени открытия клапана и служит для регулирования потока рециркулируемых газов.

Перепускной клапан (чашка).

Чашка (Pintle) является перепускным элементом клапана. Чашка установлена на оси и открывает клапан в результате перемещения оси под воздействием магнитной силы. Форма и размеры чашки подобраны так, что при ее перемещении поток рециркулируемых газов изменяется по криволинейной зависимости, учитывающей особенности прохождения потока воздуха при различных оборотах и нагрузке на двигатель.

3.3. Система регулирования давления наддува.

3.3.1. Назначение наддува во впускном тракте.

На дизельных двигателях легковых автомобилей широкое применение находит турбонаддув впускного тракта. Для обеспечения давления нагнетания воздуха на впуске применяются объемные турбонагнетатели, турбокомпрессоры с переменной геометрией, турбокомпрессоры классического типа с неизменяемой геометрией. Объемные нагнетатели и компрессоры с переменной геометрией используются в целях повышения мощности и обеспечения дизеля достаточным воздухом на холостом ходу и при движении на низких скоростях.

На автомобилях Audi используются турбокомпрессоры с переменной геометрией турбины VTG (Variable Turbinen Geometrie – немецкое наименование), работающие на отработавших газах, на автомобилях VW применяются объемные турбонагнетатели воздуха типа G-Lader (немецкое наименование). Они обеспечивают достаточно высокое давление наддува при низкой частоте вращения коленчатого вала и быструю реакцию на изменение нагрузки. Объемные турбонагнетатели типа G-Lader (немецкое наимено-

вание) являются разработкой концерна VW и представляют собой новый тип нагнетателей давления во впускном тракте, в которых величина давления нагнетания воздуха зависит от геометрии рабочих частей и мало изменяется от оборотов. Эти нагнетатели, обеспечивая стабильность давления наддува, имеют большие размеры, массу и отличаются высокой стоимостью.

Турбокомпрессоры классического типа наиболее просты по своей конструкции, имеют удовлетворительные эксплуатационные характеристики, но обладают существенным недостатком, заключающимся в зависимости величины давления наддува от частоты вращения коленчатого вала. У таких турбокомпрессоров в области малых оборотов развиваемая величина давления наддува недостаточна для нормальной работы дизеля, а при максимальных оборотах развивают давление, опасное для двигателя. Такие турбокомпрессоры оснащаются разгрузочным клапаном - ограничителем давления на максимальных оборотах.

Турбокомпрессоры с переменной геометрией улучшают характеристику наддува, обеспечивая регулирование давления на впуске в области высоких оборотов и ограничивая величину давления наддува на критической частоте вращения. При работе дизеля на низких оборотах они создают некоторое избыточное давление по сравнению с турбокомпрессорами классического типа. Турбокомпрессоры переменной геометрии имеют клапан - регулятор угла открытия лопаток и не оснащаются клапаном-ограничителем давления наддува.

В системах управления дизельными двигателями общим для турбокомпрессоров является привод клапанов. Клапаны-регуляторы угла открытия лопаток и клапаны-ограничители давления являются пневмомеханическими устройствами, приводимые в действие регулируемым управляющим давлением. Величина управляющего давления изменяется с помощью управляемого от контроллера электромагнитного клапана соленоидного типа. Электромагнитные клапаны по своему назначению являются регуляторами управляющего давления. Ток управления - импульсный ток переменной скважности.

В дизельных двигателях в последнее время наиболее широко применяются турбокомпрессоры переменной геометрии модели Garrett VNT15 и Garrett VNT17, отличающиеся только размерами. В этих турбокомпрессорах отсутствует разгрузочный клапан, и все выхлопные газы проходят через турбину в любых условиях. Общий вид турбокомпрессора с переменной геометрией VTG представлен на рис. 3.17.

Когда двигатель работает на малых оборотах, лопатки расположены внутри турбины под минимальным углом. Это способствует тому, что лопатки не оказывают сопротивления потоку выхлопных газов, благодаря чему выхлопные газы проходят через турбину с максимальной скоростью. В этом случае турбокомпрессор развивает максимальное давление. Такой режим работы турбокомпрессора называется основной.

Если скорость двигателя увеличивается, и соответственно увеличивается скорость потока выхлопных газов, по команде контроллера ECU в электромагнитный клапан-преобразователь давления поступает ток управления, изменяющий управляющее давление. Управляющее давление сообщается регулятору угла поворота лопаток, и они разворачиваются, увеличивая угол открытия. Лопатки начинают оказывать тормозящее действие на поток выхлопных газов, скорость которых на турбинном колесе прекращает возрастать. В результате ограничения частоты вращения турбинного колеса давление наддува устанавливается на граничном предельном значении. Угол открытия лопаток и, соответственно величина давления наддува, зависят от средней силы тока управления преобразователя давления, величина которого рассчитывается контроллером в зависимости от давления наддува. Такой режим работы турбокомпрессора называется режимом ограничения давления наддува.

Совместно с системой турбонаддува объединена система промежуточного охлаждения воздуха на впуске intercooler.

Управление системой турбонаддува заключается в регулировании величины управляющего давления соответствующим регулятором. Регулятор приводится в действие по командам от электронного блока управления двигателем, контролирующего величину давления на впуске. Основным контролируемым сигналом является уровень напряжения, пропорционального величине давления и поступающего от датчика давления. Датчик располагается во впускном трубопроводе за турбокомпрессором.



Рис. 3.17. Общий вид VTG-турбокомпрессора.

В зависимости от величины сигнала преобразователем давления регулируется величина разрежения, и лопатки с переменной геометрией устанавливаются в расчетное положение. На оборотах, близких к максимальным, величина давления наддува может превысить допустимые значения, поэтому на максимальных оборотах лопатки устанавливаются в положение, предотвращающее перегрузку турбокомпрессора. В случае аварийной ситуации, например при нарушении герметичности шлангов, или камеры низкого давления, при отказе регулятора разрежения, направляющие лопатки будут выведены в положение предотвращения перегрузки турбоагнетателя. В этом положении при движении на максимальных оборотах давление наддува не может достигнуть максимальных значений, вследствие чего мощность двигателя в аварийной ситуации ограничивается.

3.3.2. VTG-турбокомпрессоры и регулирование наддува.

Регулирование давления наддува производится по полям признаков нагрузки и скорости двигателя, установленным характеристикам наддува. Характеристика наддува для дизельного двигателя с высоким давлением впрыска приведена на рис. 3.18. Характеристика устанавливает требуемое для работы дизеля давление наддува воздуха во впускном тракте (нормативное давление). Величина давления на впуске изменяется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель. Величина нагрузки выражается через количество впрыскиваемого топлива.

Примечание:

Характеристика отражает общие условия, необходимые для оптимального управления рабочим процессом дизелей (см. табл. 1) с прямым впрыском топлива под высоким давлением TDI, выполнена для условного двигателя мощностью не более 110 л.с. (80 кВт). Для анализа работы дизеля с ТНВД VP44 можно использовать только общие закономерности характеристики.

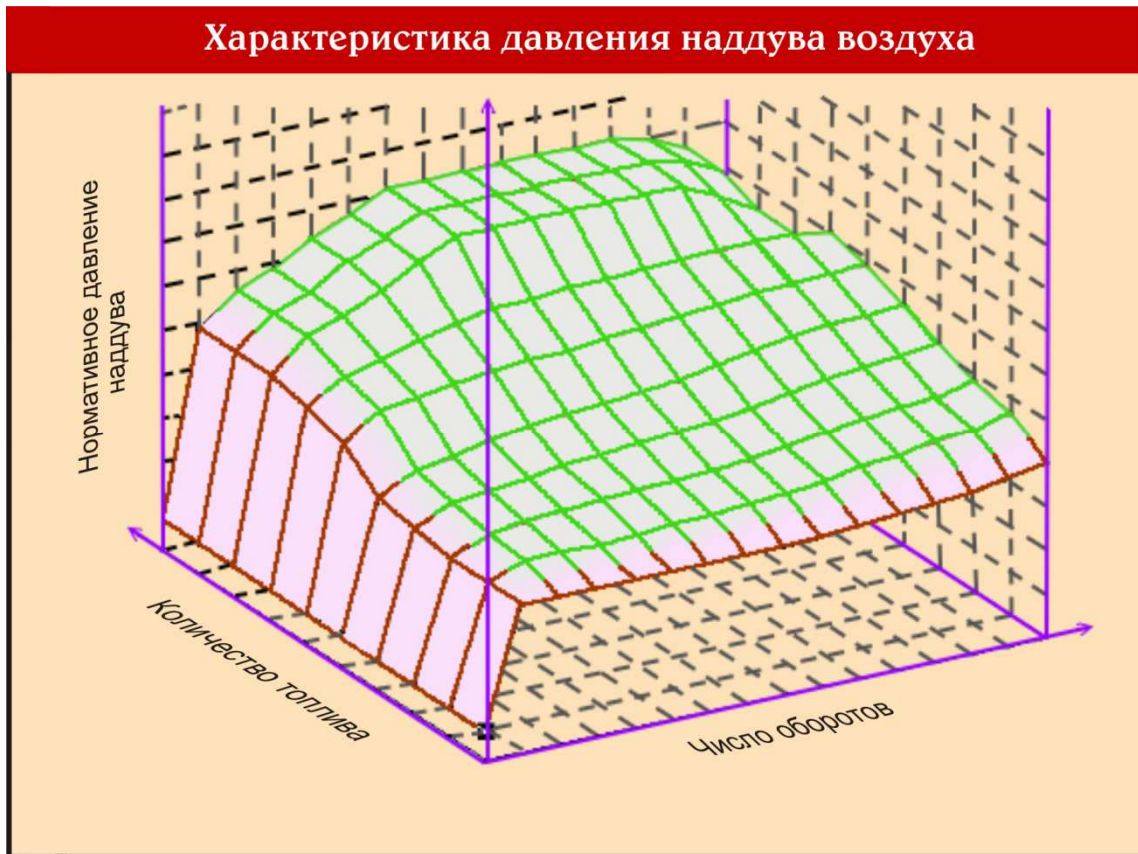


Рис. 3.18. Характеристика давления наддува.

Диапазон давления воздуха на впуске изменяется в пределах 0,2...2,2 бар. Турбокомпрессор начинает создавать избыточное давление во впускном трубопроводе с начала пусковых оборотов примерно 30 об/мин при условии начала воспламенения топливной смеси в цилиндрах. Увеличение подачи топлива на этих оборотах не приводит к существенному увеличению давления. Достаточная величина давления, что равноценно достаточному для работы дизеля количеству воздуха в цилиндрах, достигается только на оборотах холостого хода или чуть выше – примерно 1000 об/мин. На частичных нагрузках и в диапазоне малых оборотов до 2500 об/мин дизель работает с номинальным количеством поступающего воздуха, что равнозначно минимальной величине давления наддува в пределах 1,0...1,2 бар. Такой режим работы дизеля может называться «провальным».

С возрастанием оборотов коленвала или при увеличении количества топлива при переходе на полные нагрузки возрастает скорость выхлопных газов, приводящая к увеличению производительности турбокомпрессора и повышению давления на впуске. В цилиндры на этих режимах поступает требуемое избыточное количество воздуха, величина давления наддува при этом изменяется в пределах 1,2...2,2 бар. Максимальная величина наддува достигается на средних оборотах при максимальной подаче топлива, что отмечается при развитии двигателем максимального крутящего момента. Плоская вершина графика характеристики указывает на необходимость ограничения максимальной величины давления наддува. В дизелях с VP44 величины давления во всем диапазоне оборотов и нагрузок определяются производителем и типом нагнетателя давления воздуха.

3.3.3. VTG-турбокомпрессоры и ограничение наддува.

В большинстве автомобилей с дизельными двигателями высокого давления впрыска для обеспечения нагнетания давления воздуха во впускном тракте применяются турбокомпрессоры с переменной геометрией лопаток VTG. На автомобилях с турбокомпрессором с переменной геометрией, например Audi 2,5 TDI, схема регулирования турбонаддува включает в себя турбокомпрессор, электромагнитный преобразователь управляющего давления и дополнительный механический разгрузочный клапан. Такая схема управления турбонаддувом, схема обеспечивает поддержание давления наддува в заданных пределах, определяемых частотой вращения и нагрузкой на двигатель и приведена на рис. 3.19.

Преобразователь давления, представляющий собой электромагнитный клапан, управляется от контроллера и формирует величину управляющего давления, сообщаемого разгрузочному клапану. В зависимости от величины управляемого давления и в результате срабатывания разгрузочного клапана изменяется величина давления наддува на впуске. Ограничение давления наддува воздуха на впуске обеспечивается отводом части выхлопных газов через байпасный канал в тех случаях, когда давление наддува становится равным критической величине. Отвод выхлопных газов обеспечивается в результате открытия разгрузочного клапана,

благодаря чему часть выхлопных газов направляется в выпускной трубопровод к катализатору в обход турбокомпрессора, напор газов на ротор турбины снижается и понижается частота вращения ротора турбокомпрессора.

При понижении частоты вращения ротора компрессора давление воздуха на впуске также снижается. Подвижный шток разгрузочного клапана опирается на подпружиненную гибкую мембрану, которая является основанием камеры управляемого давления. При изменении давления в камере изменяется ход разгрузочного клапана и проходное сечение между клапаном и стенкой байпасного канала, соответственно чему регулируется количество выхлопных газов, отводимых через байпасный канал и скорость вращения ротора компрессора, создающего давление.

На малых оборотах дизеля через электрическую обмотку электромагнитного клапана проходит ток небольшой силы, вследствие чего атмосферный канал от распределителя закрыт, и величина управляемого давления в камере практически соответствует давлению наддува. На этих оборотах скорость выхлопных газов незначительная, и ротор турбокомпрессора раскручивается до частоты низкого уровня, вследствие чего давление наддува значительно ниже критического. При низком давлении и под воздействием возвратной пружины разгрузочный клапан держит байпасный канал закрытым, выхлопные газы в полном объеме проходят через ротор турбины.

При повышении частоты вращения коленвала возрастает частота вращения ротора турбокомпрессора и, соответственно, давление наддува. На оборотах, близких к максимальным, величина давления наддува может достичь критической величины.

При повышении давления наддува возрастает давление в камере управляемого давления, благодаря чему гибкая мембрана перемещает шток с разгрузочным клапаном, который открывает байпасный канал.

Для поддержания необходимой величины открытия байпасного канала, при которой давление наддува соответствует оптимальному значению для данных оборотов, контроллер увеличивает среднюю силу тока, проходящего через обмотку электромагнитного клапана. При увеличении силы тока, соответственно увеличению скважности импульсов, подвижный соленоид клапана открывает атмосферный канал.

В этом случае управляемое давление понижается, и положение разгрузочного клапана в байпасном канале стабилизируется. Давление наддува регулируется исходя из нагрузки

на двигатель и частоты вращения коленчатого вала. Форму тока управления электромагнитным клапаном см. на осциллограмме 6 приложения 1.

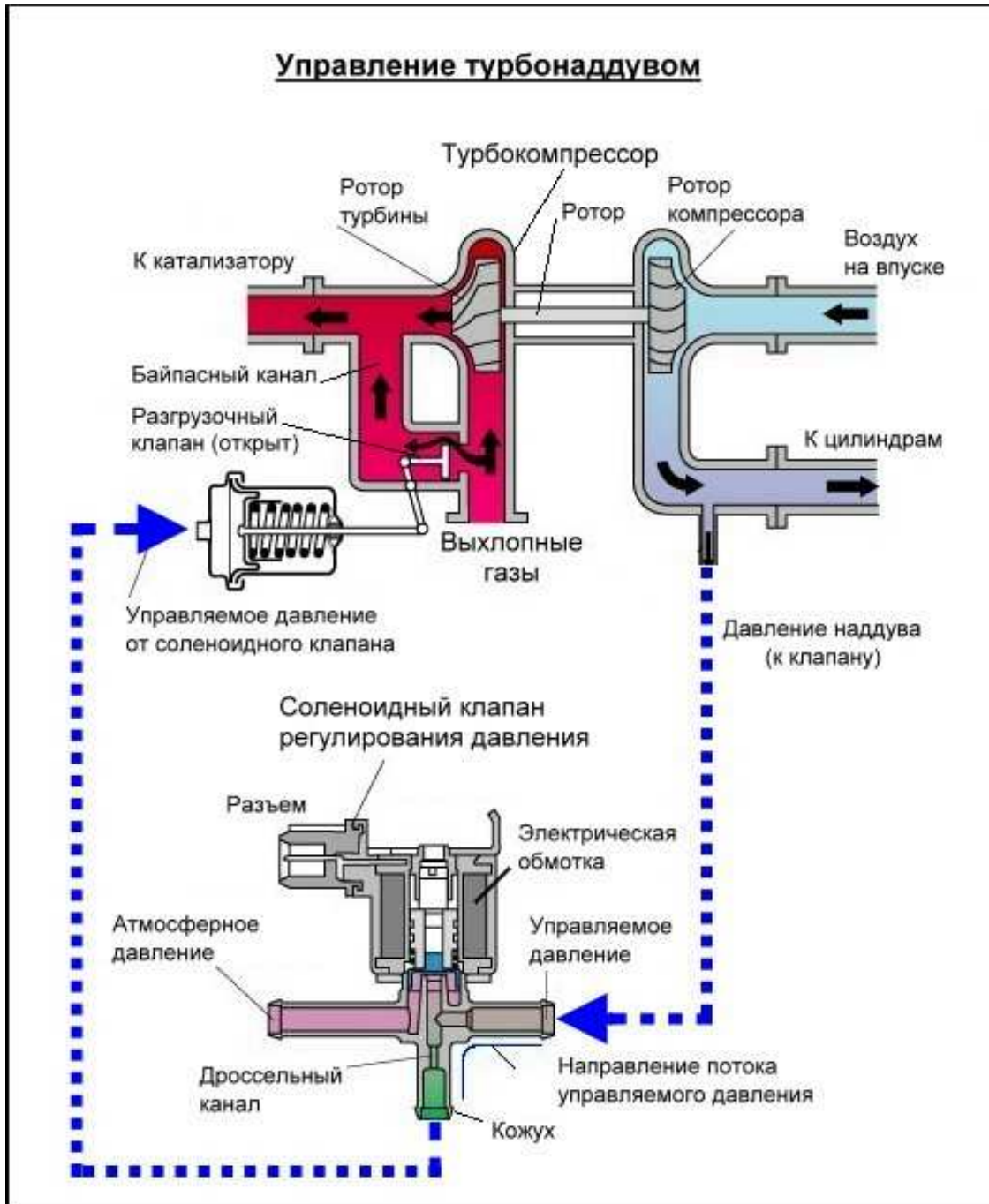


Рис. 3.19. Схема управления турбонаддувом.

Ограничение давления наддува производится контроллером в соответствии с записанными в форме матрицы данных ограничениями – характеристикой ограничения давления. Характеристика устанавливает значения ограничения давления наддува воздуха во впускном тракте и приведена на рис. 3.20. Ограничения устанавливаются по величине допустимого давления воздуха на впуске в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и величины давления воздуха окружающей среды. Ограничения по давлению необходимы для защиты дизеля. При высокой степени сжатия дизеля неуправляемое повышение давления воздуха во впускном тракте может привести к

превышению допустимых норм давления сгорания и механическому разрушению слабых частей дизеля.

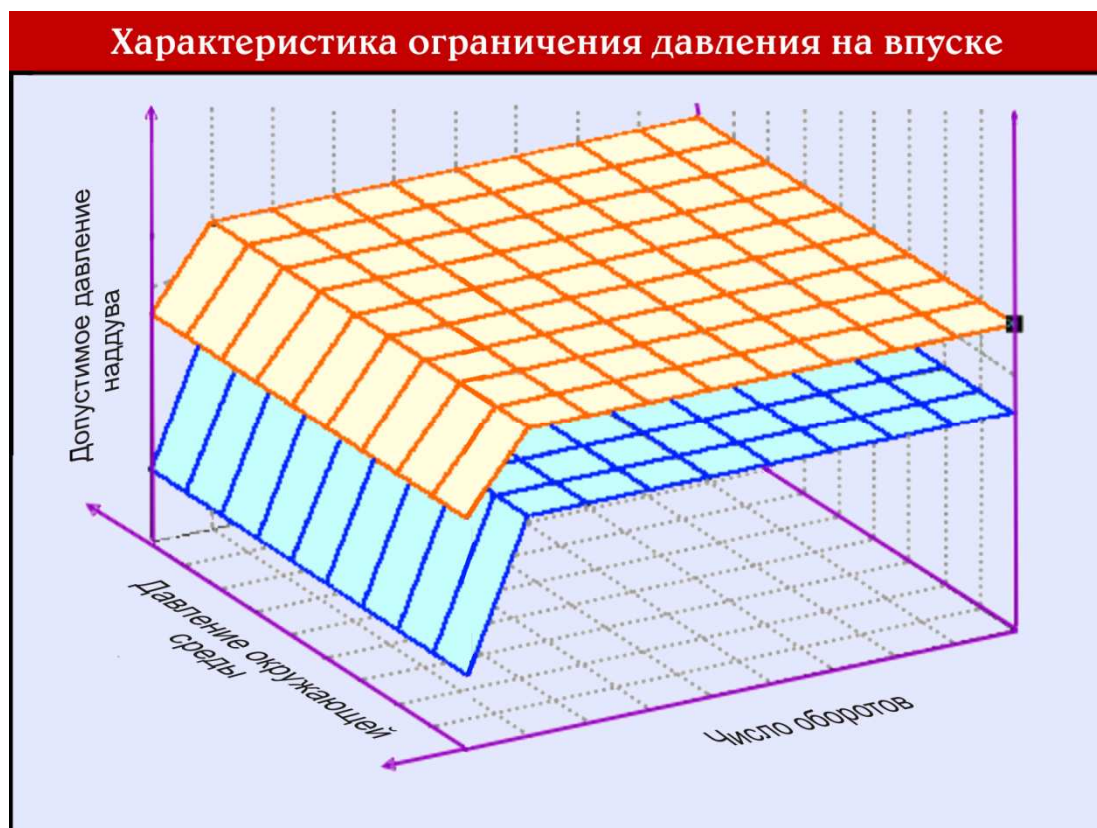


Рис. 3.20. Характеристика ограничения давления.

На характеристике представлены два уровня ограничения давления по минимальному и максимальному значениям. Максимальные значения составляют характеристику, изображенную оранжевым цветом, а минимальные – синим цветом.

Примечание:

Характеристика отражает общие условия, необходимые для оптимального управления рабочим процессом дизелей (см. табл. 1) с прямым впрыском топлива под высоким давлением TDI, выполнена для условного двигателя мощностью не более 110 л.с. (80 кВт). Для анализа работы дизеля с ТНВД VP44 можно использовать только общие закономерности характеристики.

Максимально-допустимое давление наддува во всем диапазоне оборотов изменяется в диапазоне 2,2...2,4 бар при изменении давления окружающей среды в пределах 0,6...1,5 бар. Как видно из характеристики максимальное давление наддува должно составлять 2,4 бар независимо от оборотов и давления окружающей среды. То же самое относится к минимальному значению величины наддува, составляющей 2,2 бар. На предельно допустимых оборотах максимальное давление наддува снижается до величины 2,2 бар, что предусмотрено для дополнительного ограничения максимальной скорости двигателя.

3.3.4. Контроль давления наддува.

3.3.3.1. Требования к измерителям давления.

Поток воздуха на впуске управляется контроллером по сигналам датчика давления, расположенного во впускном трубопроводе после турбокомпрессора. Сигнал датчика в отдельных системах управления может использоваться для косвенного измерения величины нагрузки или для корректировки ее величины.

Современные системы управления транспортными средствами требуют применение датчиков с интеллектуальными входами, что отвечает условиям обеспечения высокой надежности и функционирования системы высокого уровня.

Датчик давления современных систем управления, к которым относится система VP44, должен иметь высокую точность, быть совместимым с программными средствами управления, включать функции защиты и самодиагностики, сохранять длительную работоспособность в условиях работы в агрессивных средах.



Рис. 3.21. Общий вид датчика давления.

Датчик содержит специализированный интегральный модуль, выполняющий функции генерации выходного сигнала, обнаружения неисправностей и защиты.

Датчик давления высокого уровня, относящийся к интеллектуальным датчикам, содержит программируемые цифровые интегральные микросхемы, обеспечивающие генерацию сигнала, усиление, исправление ошибок измерения, температурную калибровку, фильтрацию, диагностику и функции защиты. Такие датчики могут быть приспособлены к требованиям различных систем управления посредством изменения их градуировочных значений и записи их в память интегрального модуля датчика программными средствами. Один из видов интеллектуальных датчиков давления изображен на рис. 3.21.

3.3.3.2. Особенности измерения давления.

Датчик давления производит измерение давления воздуха во впускном коллекторе, зависящего от величины нагрузки на двигатель и частоты вращения коленчатого вала. Датчик преобразует величину давления в уровень электрического напряжения, пропорционального давлению, сигнал с датчика поступает на один из входов контроллера. Для измерения давления и преобразования его как механической величины в уровень электрического сигнала в качестве чувствительных элементов датчика используются тензорезисторы.

Тензорезистор представляет собой поликристаллический кремниевый элемент, способный изменять величину своего электрического сопротивления в зависимости от изменения внутреннего напряжения, вызванного деформацией от внешних нагрузок. Чувствительный элемент датчика состоит из гибкой мембраны с четырьмя тензорезисторами, соединенными по схеме моста Уистона.

Действующее давление вызывает разбалансировку моста, который формирует напряжения различного уровня. С выходов моста уровни напряжений поступают интегральный усилитель стандартных датчиков или модуль интеллектуального датчика.

В интеллектуальных датчиках давления входные сигналы с моста Уистона должны обеспечивать интегральному модулю возможность исправления ошибок, свойственных любому чувствительному элементу. Принципиальная схема интеллектуального датчика приведена на рис. 3.22.

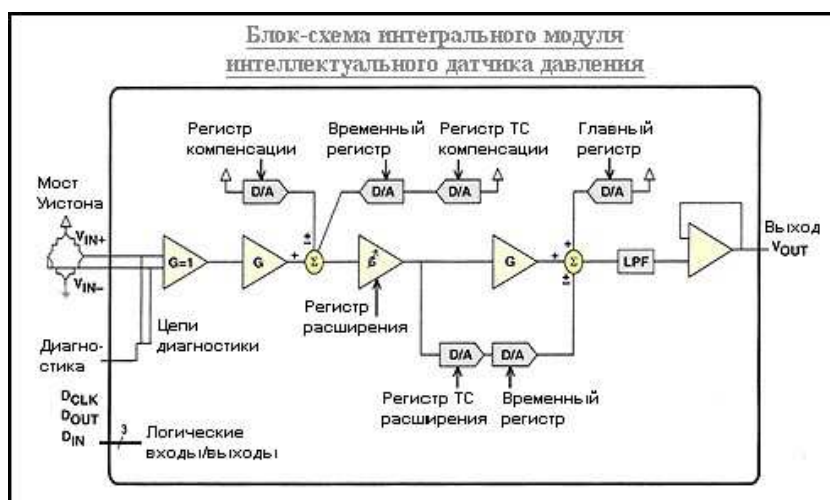


Рис. 3.22. Принципиальная схема интеллектуального датчика.

Интеллектуальные датчики индивидуально настраиваются на эксплуатационные условия рабочей среды, интегральные модули датчиков программируются на измеряемую среду и содержат массивы данных в виде градуировочных коэффициентов, распространяемых на диапазоны давлений. Модуль содержит цепи компенсации тензорезистивного моста Уистона, благодаря которым обеспечивается корректировка параметров каждого тензорезистора отдельно и взаимосвязь между всеми тензорезисторами в полном контуре электрической цепи.

Сигнал чувствительного элемента обрабатывается множеством усилительных каскадов и цифровыми цепями компенсации с помощью программируемых коэффициентов, калибруется и с выхода датчика снимается в аналоговой форме. Общим для датчиков обоих типов является выходной сигнал в виде уровня напряжения, пропорциональный величине измеряемого давления. Соединение стандартных датчиков с контроллером обеспечивается по трехпроводной линии, интеллектуальных датчиков – по четырехпроводной, включающей дополнительно линию диагностики. Логический вход датчика используется отдельно для программирования или калибровки при необходимости. Подобные датчики могут применяться для контроля динамического давления топлива в системах впрыска.

3.4. Устройство торможения выхлопом.

3.4.1. Назначение устройства торможения выхлопом.

Устройство торможения двигателя выхлопом является дополнительным устройством, встроенным в выхлопной тракт и предназначенным для увеличения тормозной мощности. Устройство действует благодаря созданию избыточного противодавления выхлопных газов путём ограничения потока отработавших газов в выпускном трубопроводе. Создаваемое противодавление помогает повысить до высоких значений тормозную мощность, но непосредственно устройство торможения не может заменить собой тор-



можную систему автомобиля. Устройство торможения двигателем предназначено для эксплуатации на режимах, при которых в обычных условиях наблюдается перегрузка тормозной системы, переход на торможение с использованием дополнительного устройства происходит без участия водителя. Устройство наиболее эффективно при применении в грузовых автомобилях большой грузоподъемности. Обеспечение в автомобиле более высокой энергии торможения

позволяет разгрузить тормозной механизм и про-

длить срок его эксплуатации в несколько раз. При-

Рис. 3.23. Общий вид устройства мерный вид устройства изображен на рис. 3.23.

торможения выхлопом.

Для широкого использования устройство торможения может выпускаться для комплектации в составе элек-

тронной системы управления автомобилем или в виде независимого блока, оснащенного электронным модулем управления. В этом случае устройство торможения может работать в автономном режиме и применимо практически для любого автомобиля.

3.4.2. Особенности торможения дизельных автомобилей.

При буксировании автомобилем большой нагрузки и движении под уклон водитель дизельного автомобиля сталкивается с набором проблем. При величине уклона 7% перевозимая масса груза начинает создавать тяговую силу, приводящую к увеличению скорости. Для снижения скорости движения водитель понижает передачу, сбрасывает педаль акселератора и применяет торможение с помощью тормозной системы управления.

Если в конце уклона имеется поворот или знак остановки, то водитель прибегает к интенсивному торможению. В результате возрастания нагрузки на детали тормозного механизма они перегреваются и начинают гореть. При частых торможениях тяжело нагруженного автомобиля тормозные фрикционные накладки быстро изнашиваются или теряют свою эффективность, что является угрозой безопасности движения.

Особенности управления автомобилем с дизельным двигателем объясняются различием рабочего процесса дизеля по сравнению с бензиновым двигателем. При движении под уклон автомобиля с бензиновым двигателем и сбросе водителем педали газа происходит закрытие дроссельной заслонки впускного трубопровода, чем ограничивается количество поступающего в цилиндры воздуха. Закрытая дроссельная заслонка способствует образованию в задрроссельном пространстве впускного коллектора глубокого разрежения $-p = 0,1 \dots 0,13 \text{ кг/см}^2$. Создаваемый вакуум обеспечивает эффект торможения, так как поршни начинают испытывать дополнительную нагрузку на такте всасывания. Режим движения бензинового автомобиля с закрытой дроссельной заслонкой называется принудительным холостым ходом (ПХХ), а искусственно создаваемый эффект торможения – торможением двигателем.

Подобный эффект отсутствует в дизельном двигателе, который работает с обязательным переизбытком воздуха, вследствие чего не имеет заслонки, дросселирующей поток воздуха на впуске. В дизельном автомобиле при сбросе водителем педали акселератора происходит ограничение количества впрыскиваемого топлива, но в цилиндры продолжает всасываться воздух без каких-либо ограничений. Дополнительно, в большинстве дизели работают с нагнетанием воздуха во впускной тракт, поэтому за счёт впускного тракта не может быть создан эффекта торможения двигателем.

Кроме этого, механические тормоза дизельного автомобиля имеют повышенную шумность, ощутимую даже при торможении на ровном покрытии, что создает дополнительные проблемы при снижении уровня шумности в городах.

3.4.3. Принцип действия устройств торможения выхлопом.

Устройства торможения дизельного двигателя выхлопом позволяют получить дополнительный тормозной эффект, аналогичный торможению двигателем. Торможение дизеля выхлопом позволяет значительно уменьшить нагрузку на детали механической тормозной системы, снизить шумность работы и повысить общий ресурс тормозной системы. Устройство монтируется на выпускном трубопроводе, пример его размещения на автомобиле изображен на рис. 3.24. Противоположно бензиновым двигателям в дизелях используется принцип торможения поршней цилиндров за счёт создания противо-



давления в выпускном тракте и получение дополнительной тормозной энергии, суммируемой с энергией основной тормозной системы. Противодействие создается управляемой поворотной заслонкой, установленной в выпускном трубопроводе.

Рис. 3.24. Размещение устройства.

Привод заслонки обеспечивается автоматически по командам блока управления с помощью электромагнитного соленоидного механизма или моментного электродвигателя. Сигналами для приведения в действие устройства торможения являются сигнал частоты вращения коленчатого вала, которая должна соответствовать низким оборотам, сигнал с датчика положения педали акселератора, подтверждающий переход на режим холостого хода и сигнал педали тормоза, подтверждающий торможение автомобиля. Для обеспечения нормального процесса сгорания и недопущения остановки двигателя вследствие возможного прерывания воспламенения из-за недостаточной очистки цилиндров величина противодействия на выхлопе ограничивается. Сигналом, подтверждающим достижение допустимой величины противодействия, может быть сигнал с датчика давления в выпускном тракте, но использование такого датчика в устройстве не является обязательным.

В зависимости от конструктивных особенностей устройства торможения выхлопом применяются стандартного типа с поворотной заслонкой, изменяющей проходное сечение выпускного трубопровода, и специальные устройства с байпасным каналом.

3.4.4. Стандартная модель устройства.

В стандартных моделях для создания избыточного давления выхлопных газов используется выпускной трубопровод, в который встраивается поворотная заслонка. Заслонка может занимать одно из положений в трубопроводе и приводится в действие приводным механизмом. Привод заслонки обеспечивает её поворот относительно оси, при этом она может полностью закрыть выпускной трубопровод, благодаря чему давление выхлопа повышается до максимально возможной величины. Выхлопные газы могут проходить в этом случае только в зазоре между заслонкой и стенками трубопровода.

При полном открытии заслонкой выпускного трубопровода она практически не оказывает сопротивления прохождению выхлопных газов, и давление выхлопа в этом случае соответствует нормальному значению. Положения заслонки в выпускном трубопроводе при управлении принудительным торможением за счет повышения давления выхлопа приведено на рис. 3.25.

Стандартные модели могут встречаться в двух вариантах, выпускаемых различными производителями, с изменяемым сечением проходного отверстия и с фиксированным положением заслонки в трубопроводе.



Рис. 3.25. Рабочие положения заслонки стандартного устройства торможения выхлопом.

При изменении проходного сечения заслонка занимает частично открытое положение, чтобы поддерживалось максимально допустимое противодавление, соответствующее действительной частоте вращения коленчатого вала. Это необходимо из того, что в результате дросселирования сечения выпускного трубопровода давление в нём в значительной степени зависит от частоты вращения, чем при свободном выпуске.

При торможении на малых оборотах заслонка полностью закрывает выпускной трубопровод, выхлопные газы могут проходить в этом случае только через зазоры между заслонкой и стенками трубопровода. На малых частотах вращения коленвала противодавление не может достичь предельных максимальных значений, чем гарантируется устойчивая работа дизеля.

В устройствах с фиксированным положением заслонка приводится в действие только при достижении оптимальных чисел оборотов, соответствующих нормальному диапазону управления. В фиксированном положении заслонка закрывается примерно на 70...80°. Стандартный тип устройства с фиксированным положением наиболее пригоден для автомобилей, эксплуатируемых в равнинных условиях, когда принудительное торможение применяется относительно редко, а в случае его применения требуется максимальная дополнительная тормозная мощность. Это означает, что при сбросе педали акселератора и нажатии на педаль тормоза система управления обеспечивает пово-

рот заслонки, при котором она закрывает выпускной трубопровод в оптимальном диапазоне оборотов $1500...2000 \text{ мин}^{-1}$.

Характеристика изменения противодействия в выпускном трубопроводе при изменении частоты вращения коленчатого вала для различных типов устройств приведена на рис. 3.26.

Как следует из характеристики во время торможения на малых оборотах давление изменяется пропорционально оборотам в пределах $1,40...2,45 \text{ кг/см}^2$ ($20...35 \text{ psi}$). Таким образом, при оборотах ниже 1250 мин^{-1} заслонка полностью закрывает выпускной трубопровод, чем обеспечивается достижение максимальной для данных оборотов тормозной мощности.

При повышении частоты вращения и предотвращения остановки двигателя заслонка должна закрываться частично и занимать угол закрытия, пропорциональный оборотам двигателя. В этом случае обеспечивается поддержание давления на выпуске независимо от оборотов и на уровне максимально допустимого не выше $2,5 \text{ кг/см}^2$. Прирост давления за счёт разности давления при торможении двигателя выхлопом и при работе без дросселирования образует величину противодействия.

Принудительное торможение на оборотах выше половины от максимальной частоты вращения коленвала угрожает безопасности движения и может вывести из строя отдельные детали дизеля, поэтому обороты свыше 2500 мин^{-1} являются запрещающими для приведения в действие устройства торможения выхлопом и обозначены на характеристике красной линией.

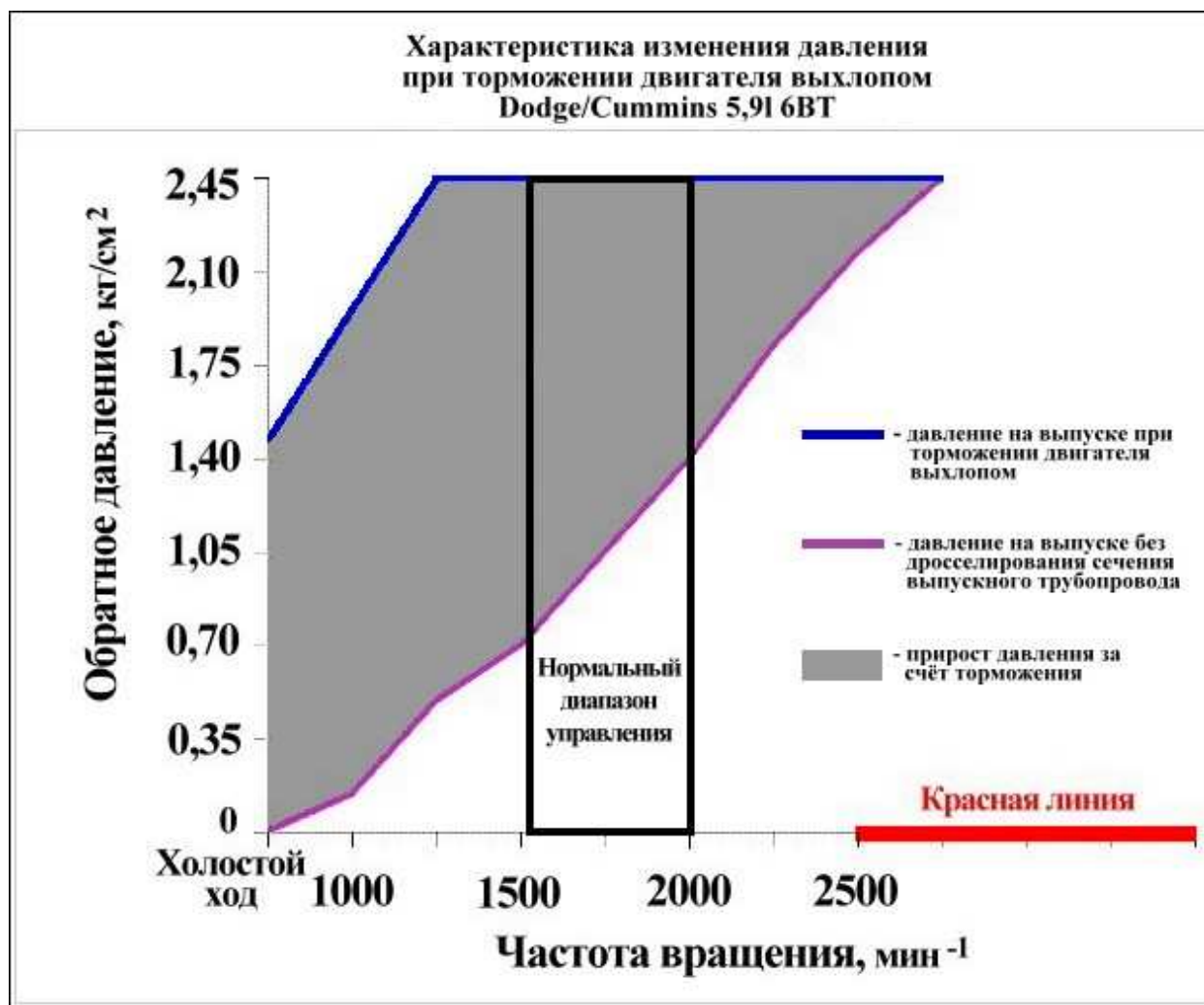


Рис. 3.26. Характеристика изменения давления в выпускном трубопроводе.

3.4.5. Универсальная модель устройства D-Celerator.

3.4.5.1. Особенности торможения с универсальным устройством.

Универсальная модель устройства D-Celerator, разработанная U.S. Gear Corporation, отличается от стандартных моделей способностью регулировать величину противодействия в соответствии с характеристикой изменения давления в выпускном трубопроводе. Устройство D-Celerator разработано специально для автомобилей, эксплуатируемых в основном в условиях гористой местности, когда нагрузки на тормозной механизм значительно выше, чем при эксплуатации в равнинных условиях. Управление устройством обеспечивается от электронного блока управления. В устройстве D-Celerator дополнительно с основным каналом, являющимся продолжением выпускного трубопровода, используется дополнительный байпасный канал, управляемый собственной заслонкой. Отработавшие газы могут направляться на выхлоп по одному из этих каналов в зависимости от скорости двигателя. Общий вид и направление прохождения выхлопных газов в устройстве D-Celerator показаны на рис. 3.27.

В устройствах стандартного типа поворотная заслонка закрывает выпускной трубопровод на 75...80%, поэтому они не обеспечивают регулирование противодействия в области низких оборотов.

В устройствах D-Celerator обеспечивается 100% закрытие выпускного трубопровода при сбросе педали акселератора и нажатии на педаль тормоза. Для предотвращения нагнетания сверхизбыточного давления при полном закрытии основного канала часть выхлопных газов отводится по байпасному каналу, открытие которого обеспечивается собственной заслонкой.

Таким образом, D-Celerator позволяет получить управляемую характеристику давления в области низких оборотов и защитить двигатель от избыточного давления в области высоких оборотов. Этот принцип действия аналогичен ограничению давления наддува, применяемому в турбокомпрессорных нагнетателях воздуха.



Рис. 3.27. Общий вид устройства D-Celerator.

3.4.5.2. Конструктивные особенности устройства.

В устройстве D-Celerator также используется заслонка, чтобы создавать противодействие. Но в отличие от других устройств торможения выхлопом в устройстве D-Celerator применяется запатентованный байпасный канал, предназначенный для манипуляции суммой давления в выпускном тракте. Схема устройства D-Celerator приведена на рис. 3.28.

Устройство устанавливается до глушителя и состоит из металлического корпуса с двумя каналами, основным и байпасным. Основной канал является продолжением выпускного трубопровода. В оба канала встроены заслонки из нержавеющей стали, втулки устройства изготовлены из алюминиевой бронзы. Привод заслонок расположен в отдельном корпусе. Приводной механизм заслонок электромагнитного типа с подвижным соленоидом, который через рычаги обеспечивает поворот заслонок внутри каналов. От

выпускного трубопровода привод защищён теплоизолирующим экраном из нержавеющей стали. Большая заслонка поворотного типа и установлена в основном канале, малая заслонка раскрывающегося типа и размещена на входе в байпасный канал. Поворотная заслонка не имеет разгрузочных отверстий и обеспечивает 100% закрытие выпускного трубопровода при торможении на малых оборотах.

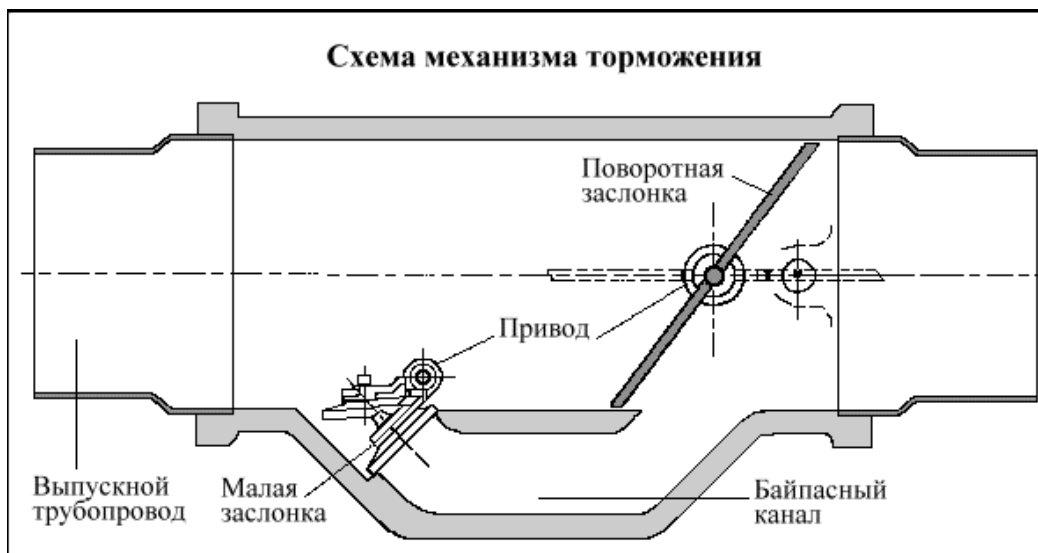


Рис. 3.28. Схема устройства D-Celerator.

При поступлении сигнала управления с контроллера основная заслонка закрывает выпускной трубопровод, а малая открывает байпасный канал, в результате чего выхлопные газы отводятся по байпасному каналу, имеющему небольшое сечение, и в выпускном трубопроводе повышается давление. Характеристика изменения давления соответствует наклонной характеристике в области малых оборотов, приведенной на рис. 3.23. При повышении частоты вращения коленвала до $1000...2000 \text{ мин}^{-1}$, по командам контроллера соленоид привода перемещается в обратном направлении, в результате чего байпасный канал закрывается малой заслонкой, а поворотная заслонка открывается на угол, при котором в области средних оборотов обеспечивается противодействие не выше $2,5 \text{ кг/см}^2$ (35 psi).

При окончании торможения или при повышении оборотов привод механизма обеспечивает полное открытие выпускного трубопровода, в результате чего давление в выпускном тракте приходит в норму.

3.4.7. Эффективность применения устройств торможения выхлопом.

Устройства торможения выхлопом позволяют очень быстро повысить противодействие в области низких оборотов. В результате этого образуется дополнительная тормозная мощность, обеспечивающая максимальную тормозную характеристику. Пример тормозной характеристики для тяжёлых автомобилей приведен на рис. 3.29.

Стандартные типы устройств обеспечивают эффективную тормозную мощность при облегчённых режимах торможения. Преимущество D-Celerator заключается в том, что его модели - единственные управляемые контроллером выпускные тормоза. Устройства D-Celerator обеспечивают наилучшую поддержку торможения, как на низких, так и на высоких оборотах, а также в крайних условиях как, например, при управлении машин большой грузоподъёмности или в гористых регионах.

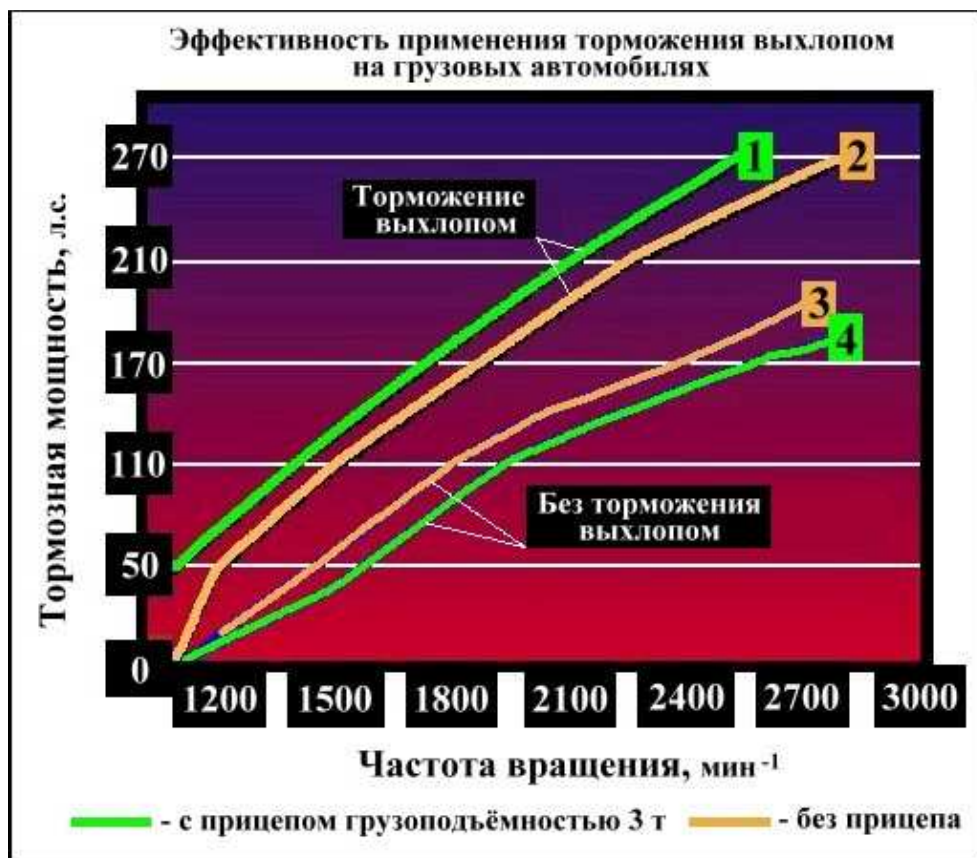


Рис. 3.29. Тормозная характеристика автомобиля большой грузоподъемности.

3.5. Контроль наличия воды в топливе.

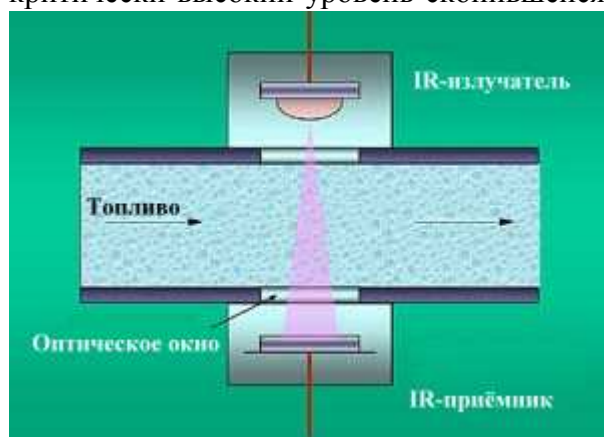
3.5.1. Типовое положение.

Используемая для дизельных двигателей система VP44 позволяет повысить эффективность управления и полноту сгорания топлива. Полнота сгорания и соответствующий ей чистый выхлоп зависят не только от качества двигателя, само топливо должно быть качественным и свободным от загрязнения. Даже незначительные суммы загрязняющих веществ могут легко разьесть двигатель, резко уменьшать эффективность сгорания. Дизельное топливо может загрязниться многими компонентами, к которым относятся частицы воды, растворенные в топливе. Не каждое топливо имеет воду, но вероятность попадания в него воды становится реальной сразу после обработки на нефтеперерабатывающем заводе в результате воздействия влажности воздуха, конденсации водяных паров и случайных попаданий. Вода в топливе может вызвать остановку двигателя из-за замораживания в топливопроводах, коррозию деталей топливной аппаратуры, засорение распылителей топливных форсунок, вода также оказывает резко отрицательное действие на смазочные свойства топлива в ТНВД VP44.

Для обеспечения контроля чистоты топлива по наличию в нём воды в контуре низкого давления топливоподачи могут устанавливаться датчики наличия воды в топливе WIF (Water-in-Fuel). Датчики позволяют определить наличие воды для оценки пригодности топлива или критическое содержание воды, при котором требуется немедленная очистка топлива.

3.5.2. Типы датчиков.

Простые и дешевые резистивные датчики применяются совместно с водными сепараторами, отделяющими воду от топлива и собирающими её. Вода обладает электрической проводимостью, поэтому принцип действия такого датчика основан на измерении электрического сопротивления скопившейся воды. Датчик включает в себя малогабаритный чувствительный резистивный модуль. Модуль обычно размещается в резьбовом отверстии в нижней части топливного фильтра и измеряет сопротивление жидкости. Как только достаточное количество скопившейся воды достигнет поверхности чувствительного элемента, модуль измеряет сопротивление и инициирует тревогу, если сопротивление измеряемой среды станет ниже приблизительно **15 кОм**. Выход датчика непосредственно связан с одним из входов блока управления. При понижении сопротивления наблюдается падение напряжения на выходе датчика, воспринимаемое блоком как критически высокий уровень скопившейся воды. Сигнал тревоги вырабатывается системой диагностики, в результате чего загорается индикационная лампа «Вода в топливе», что является сигналом предупреждения водителю. Датчик имеет электрический разъём с двумя контактами.



Инфракрасные датчики содержания воды в топливе представляют собой детектор, встроенный в топливопровод или любой топливный резервуар.

Рис. 3.30. Измерение загрязнения инфракрасным датчиком.

Датчик состоит из диодного инфракрасного излучателя и приёмника. Интенсивность прохождения инфракрасного луча через жидкую среду зависит от степени её загрязнения, поэтому принцип действия датчика основан на измерении светового луча, проходящего через измеряемую среду. Способ измерения загрязнения топлива водой при помощи инфракрасного (IR) датчика показан на рис. 3.30. Датчик отличается высоким быстродействием, при встраивании датчика в подающий топливопровод его сигнал может использоваться не только для индикации наличия воды, но и для остановки подачи топлива при избытке воды в топливе.

Оптические датчики отличаются особо высокой чувствительностью к загрязнению. Принцип действия датчика основан на преломлении света при прохождении светового луча через топливо, что относится к неразрушающему способу контроля чистоты топлива. Измерение загрязнения основано на поляризации луча света при прохождении его через измеряемую среду или выделении спектральной частоты, соответствующей загрязнению. Для транспортных двигателей датчики выпускаются с одной проводной связью, огневзрывобезопасные, с защитой от ударных нагрузок.

Оптические датчики более сложные и дорогие по сравнению с датчиками резистивного типа, поэтому находят ограниченное применение на автомобилях массового выпуска.

3.5.3. Принцип действия оптического датчика.

Измерительный принцип датчика базируется на температурной чувствительности топлива и поляризации светового луча. В датчик интегрирован измеритель температуры топлива. Датчик состоит из пары излучателей и приёмников, фотодиодов и фототранзи-

сторов соответственно и поляризационных фильтров (поляроидов). Схема поляризационного датчика приведена на рис. 3.31.

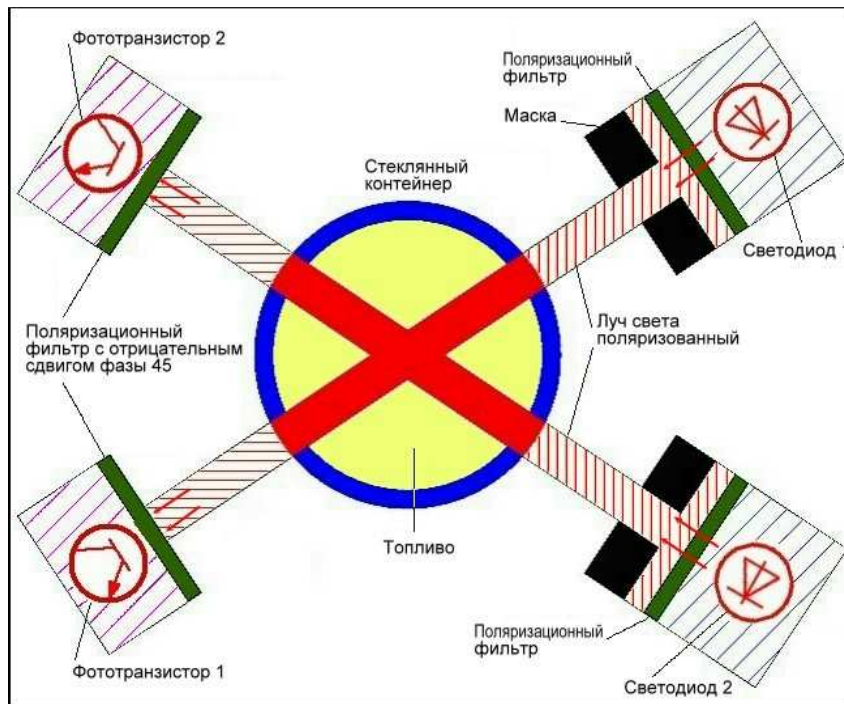


Рис. 3.31. Схема оптического датчика.

Светодиод излучает луч света, который поляризуется, проходя через поляроид и измеряемую среду – топливо. Состояние поляризации определяется в основном степенью поглощения светового луча, то есть загрязнения топлива, а также удельной электропроводимостью, уникальной для каждого материала. В результате прохождения луча через топливо степень его поляризации изменяется в зависимости от загрязнения топлива. Топливо преломляет луч, чем формируется окончательная поляризация, и в результате чего луч представляет собой линейно поляризованную световую волну.

Поляризованный фильтр с отрицательным сдвигом фазы является объективом, который собирает свет и подаёт его в приёмник на базу фототранзистора. Объектив сориентирован так, что задерживает поляризованный луч, и при увеличении загрязнённости топлива базу транзистора начинает затенять увеличенное тёмное пятно. Уменьшение освещённости приёмника из-за загрязнённости топлива приводит к пропорциональному изменению силы тока, снимаемого с транзистора. Выходной ток приёмника поступает далее на усилитель для формирования выходного электрического сигнала.

Приведенное описание принципа действия датчика предназначено для формирования общего представления о методах измерения загрязнения топлива растворёнными частицами воды, поэтому приведенные ниже виды датчиков не соответствуют изложенной схеме.

3.5.4. Типовые модели датчиков.

Типовая модель датчика основана на измерении электрической проводимости. Датчик состоит из цилиндрического резьбового корпуса, который завинчен в дно топливного фильтра. Резьбовое отверстие под датчик можно использовать для дренажа воды, собираемой в чашке слива.

В корпусе датчика вмонтирована электронная плата, предназначенная для измерения

электрической удельной электропроводности жидкости, содержащейся в чашке, а также усиления детекторного сигнала и его мощности. Таким образом, датчик генерирует достаточно мощный сигнал, пригодный для непосредственного измерения и обработки. Общий вид некоторых типовых моделей датчиков приведен на рис. 3.32.

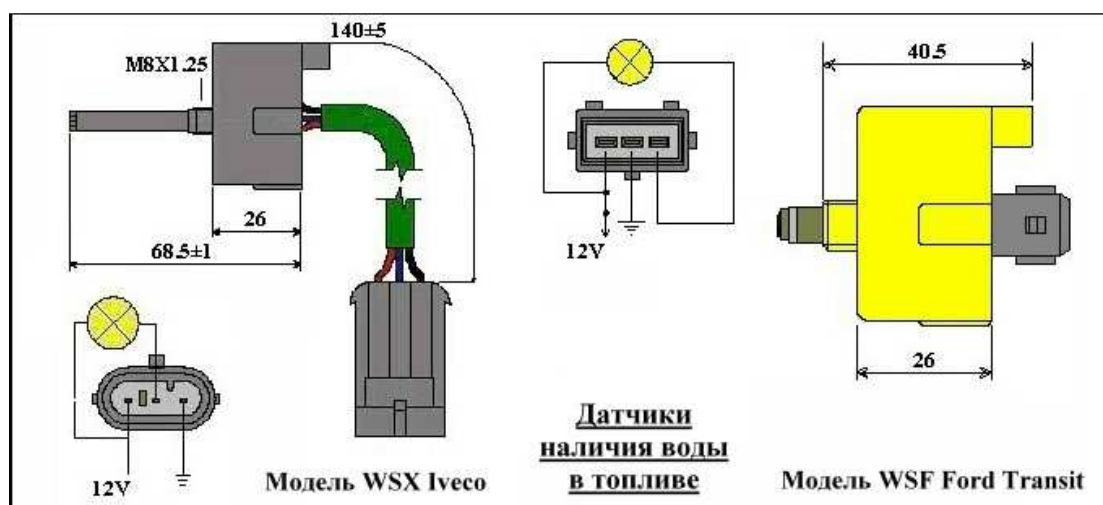


Рис. 3.32. Общий вид датчика наличия воды в топливе.

Датчики WIF обладают следующими техническими характеристиками:

- напряжение питания: **12V-24V**;
- предельные значения напряжения питания: **8V-28V**;
- мощность датчика: приблизительно **3W**;
- тип сигнала: уровень напряжения постоянного тока;
- максимальный ток: **15 mA** без нагрузки.

Датчики имеют защиту от скачков напряжения, возможных при перегрузке, разъединении аккумуляторной батареи, включении или обесточивании катушек индуктивности, от изменения полярности при ошибочном включении, от коротких замыканий и температурной перегрузке.

Датчики присоединяются к основной части электрической схемы посредством 3-контактного разъёма (питание, общий провод, сигнал).

Согласно требованиям изготовителей датчики поставляются в разнообразных корпусах с любым типом напряжения питания, положительной или отрицательной полярности.

3.5.5. Функционирование датчика.

В датчике предусмотрены собственные функции, работающие в автоматическом режиме.

Каждый раз, при включении выключателя приборов и стартера, электронная схема датчика генерирует сигнал «Тест датчика», продолжительностью не более 2 с. Сигнал предназначен для диагностирования состояния датчика и использования результата тестирования системой диагностики двигателя. С выхода датчика по истечении 2 с на блок управления двигателем поступает сигнал, подтверждающий, что датчик работает нормально.

На работающем двигателе, когда вода в фильтре превосходит разрешенный безопасный уровень, система диагностики сигнализирует тревогу посредством

загорания предупреждающей лампы и (возможно) зуммера. При загорании лампы водителю необходимо слить накопившуюся воду, прежде чем она может повлиять на работу двигателя.

3.6. Дистанционный акселератор.

3.6.1. Общее описание акселератора.

Дистанционный акселератор RTU (Remote Throttle Unit) является современным высоко-го технического уровня дистанционным дросселем, предназначенным для эксплуатации в составе электронных систем управления двигателем. На двигателях Cummins устанавливаются дистанционные акселераторы производства корпорации FRC (Fire Research Corporation).



В современных системах устройства управления двигателем применяются акселераторы RTU, базирующиеся на использовании оптоэлектронной элементной базы. Оптоэлектронный акселератор заменяет измерительные потенциометры, электромеханические выключатели или механические стопоры. Дистанционный акселератор связан с двигателем через электронный блок управления при помощи проводной связи или с помощью канала передачи данных J1939, J1587 или J1708.

Рис. 3.33. Расположение дистанционного

акселератора.

Дистанционный акселератор представляет собой дистанционный селектор газа, встроенный в панель управления и управляемый от руки. Акселератор имеет датчик, который обнаруживает направление и скорость вращения рукоятки управления. Сигнал с датчика поступает на контроллер, который в соответствии с уровнем сигнала изменяет подачу топлива и частоту вращения коленвала.

Расположение акселератора на панели управления показано на рис. 3.33.

3.6.2. Техническая характеристика акселератора.

В системе управления VP44 используется дистанционный акселератор, включённый согласно схеме электрооборудования параллельно к основному датчику величины нагрузки - датчику положения педали акселератора. Основное назначение дистанционного акселератора - регулирование в дистанционном режиме частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу и использование в качестве датчика величины нагрузки. В обычных двигателях при выходе из строя из-за износа или вибраций основного датчика положения педали акселератора микропроцессор контроллера не получает одного из основных сигналов - сигнала величины нагрузки, необходимого для расчета количества впрыскиваемого топлива. При его отсутствии микропроцессор вырабатывает команду на остановку двигателя, вследствие чего подача топлива прерывается и становится невозможным дальнейшее движение автомобиля. При наличии дистанционного акселе-

ратора его сигнал используется как сигнал величины нагрузки, дальнейшее движение становится возможным благодаря ручному управлению.

Сигнал частоты вращения коленвала (RPM) может быть установлен на режиме холостого хода и использован независимо от величины сигнала с датчика положения педали акселератора. С помощью дистанционного акселератора частота вращения двигателя может изменяться путём вращения рукоятки (большой кнопки).

Рукоятка управления дистанционным акселератором изображена на рис. 3.34.

Для распознавания скорости и направления вращения рукоятки управления в акселераторе используется инфракрасный декодер (IRE - Infrared Encoder). Электрический сигнал от декодера интерпретируется микропроцессором и используется для коррекции частоты вращения двигателя. Микропроцессор адекватно отвечает на скорость вращения ручки управления, в соответствии с которой пропорционально увеличит или уменьшит частоту вращения коленчатого вала

Центральная красная неактивная кнопка «IDLE», расположенная на ручке управления, немедленно переводит двигатель в режим "Ожидание". В этом режиме подача топлива и развиваемая двигателем мощность изменяются по сигналам с основного датчика педали акселератора независимо от положения и скорости вращения ручки управления дистанционного акселератора. Начало работы двигателя начинается со ждущего режима.

Переход в режим «Дистанционное управление» обеспечивается повторным нажатием кнопки.



Рис. 3.34. Рукоятка управления.

3.6.3. Выполняемые операции.

Дистанционный акселератор приводится в действие из режима "Ожидание", в котором мощность изменяется независимо от позиции ручки управления.

- Для немедленного перевода двигателя в режим "Дистанционное управление" должна быть нажата красная кнопка «IDLE».
- Микропроцессор рассчитывает скорость вращения ручки управления и пропорционально увеличивает или уменьшает скорость двигателя.
- Дистанционный акселератор поддерживает любое число оборотов двигателя между **800** и **2000 об/мин**. Для увеличения частоты вращения коленвала ручка управления должна поворачиваться по часовой стрелке. Для уменьшения частоты вращения коленвала ручка управления должна поворачиваться против часовой стрелки.
- Дистанционный акселератор обеспечивает различную скорость изменения частоты вращения коленвала. Если ручка управления вращается быстро, то быстро изменяется частота вращения коленвала, если ручка управления вращается медленно, то частота вращения коленвала уменьшается медленно.
- Постоянная частота вращения поддерживается независимо от нагрузки на двигатель.

- В пределах угла поворота кнопки акселератора тормозная педаль ограничивает свободное вращение двигателя для предотвращения любого непреднамеренного изменения оборотов.

3.6.4. Включение ускоренного холостого хода.

Для повышения оборотов двигателя на холостом ходу выключатель устанавливается в положение "ON" (Вкл). Активизация высоких оборотов подтверждается загоранием индикаторной лампы, обороты двигателя повысятся до значения, установленного углом поворота рукоятки измерительного потенциометра.

3.7. Адаптеры.

3.7.1. Диагностика программными средствами.

Микрокомпьютер блока управления не только управляет двигателем, но также непрерывно осуществляет обмен информацией с другими блоками автомобиля и обеспечивает проверку истинности параметров входных и выходных сигналов. В случае выхода того или иного параметра за пределы допуска программа работы микрокомпьютера меняется. В специальную область памяти записывается цифровой код данной неисправности, а программа управления осуществляет резервирование данных, изменяясь таким образом, чтобы по возможности максимально скомпенсировать последствия неисправности. По степени влияния на работу двигателя неисправности могут иметь различный «вес», поэтому реакция программы компьютера и её последствия также могут быть различны. Одни неисправности вызывают полную остановку двигателя, другие - резкое снижение эксплуатационных характеристик, третьи практически незаметны.

Объективно микрокомпьютер не может выявить все неисправности, но неисправности элементов, относящихся к самой системе управления, включая датчики, исполнительные механизмы и проводку, микрокомпьютер выявляет достаточно эффективно. Однако неисправности, не связанные напрямую с электроникой, не всегда могут быть «вычислены» и формализованы в виде цифрового кода.



Рис. 3.35. Функциональная схема организации соединений адаптера.

Кроме стандартных сигналов, подтверждающих наличие неисправностей в цепях конкретных компонентов или отклонений в работе системы, записанных в виде кода, блок управления может выдавать также дополнительную информацию. Она содержит параметры (входные и выходные сигналы, внутренние параметры системы), которые непрерывно обрабатываются микропроцессором блока управления. Вся эта информация в закодированном цифровом виде может передаваться на специальный разъем, к которому подключаются специальные устройства, адаптеры DLA (Data Link Adapter), позволяющие соединить блок управления с персональным компьютером.

Адаптер является микропроцессорным интерфейсом, предназначенным для связи электронного блока управления двигателем ECU с персональным компьютером PC, и служит в качестве первичного связующего устройства между автомобилем и приложениями основной операционной системы Windows. Схема организации соединений между автомобилем и компьютером приведена на рис. 3.35.



Рис. 3.36. Общий вид адаптера J1939.

Благодаря прикладным программам, поставляемым совместно с адаптерами, с помощью компьютера возможен всесторонний анализ информации о состоянии автомобиля, что позволяет квалифицированному диагносту обнаруживать не только неисправности сложного характера, но и выявить отклонения как в работе самой системы управления двигателем, так и других систем. Следует также учитывать, что каждый автомобиль представляет собой индивидуальное устройство, особенно после некоторого времени эксплуатации, поэтому стандартные данные, записанные в память блока управления, не могут отражать индивидуальных особенностей автомобиля. Специальные адаптеры позволяют в этом случае считывать информацию, записанную в память, и, при необходимости, производить корректировку массивов данных. Общий вид адаптера производства Noregon Systems приведен на рис. 3.36.

Основная задача, решаемая с помощью компьютера, — «распаковка» и раскодирование цифрового массива, поступающего через адаптер из блока управления проверяемой системы. Кроме пассивного отображения параметров тестируемой системы с помощью адаптера можно подавать специальные команды, т.е. работать в интерактивном режиме. Это означает, что непосредственно с клавиатуры адаптера можно включать или, наоборот, выключать те или иные элементы или даже задавать блоку управления специальные режимы работы.

3.7.2. Соединение адаптеров.

Схемы электрооборудования автомобилей могут включать специальные шины для подключения универсальных адаптеров DLA, например J1939, J1587, J1708 и других, производства Noregon Systems, Vansco Electronics Ltd, Eaton Corporation, Dearborn Group USA, что позволяет использовать персональные компьютеры PC для комплексной диагностики транспортных средств.



Рис. 3.37. Соединительный кабель.

Адаптеры подсоединяются к компьютеру с помощью интерфейса через стандартный кабель с 6, 8 или 9 разъёмами. Соединение адаптеров с компьютером обеспечивается через параллельный порт. Адаптеры оснащаются комплектом кабелей для соединения с двигателем и компьютером. Для простоты и удобства соединения кабеля поставляются с боковыми электрическими разъёмами. Образец соединительного кабеля показан на рис. 3.37.

Работа компьютера с адаптером возможна только после инсталляции на компьютер прикладных программ, поставляемых совместно с адаптерами.

3.7.3. Функции адаптеров.

Адаптеры DLA обладают следующими функциональными возможностями:

- использование адаптеров J1587, J1708/J1939, и шины данных CAN как самостоятельных устройств;
- поддержка двусторонних параллельных портов;
- поддержка последовательных портов персонального компьютера PC;
- обработка сигналов управления благодаря доступу к шине данных;
- использование программного обеспечения для исполнения других функций;
- поддержка для записи/воспроизведения передаваемой информации;
- диагностика каналов передачи информации;
- загрузка адаптера DLA микропрограммным обеспечением за счёт обновления через персональный компьютер;
- встроенная функция "Подсказки";
- надежная работа в широком диапазоне напряжений питания от 9 до 40 V постоянного тока;
- защита данных от действия импульсов обратного напряжения и коротких замыканий.

Отдельные модели адаптером могут работать в демонстрационном режиме, который позволяет пользователю в практических целях использовать прикладные программы без подключения к двигателю.

3.7.4. Техническая характеристика адаптеров.

Корпус адаптеров изготавливается из водостойкой пластмассы, устойчивой к химически активным веществам, размещенные в нём твердые и гибкие средства программного обеспечения защищены от действия влаги, химических сред и электромагнитных помех.

Особенностью адаптеров является широкий диапазон напряжений питания постоянным током от **9** до **40 V**, что позволяет использовать для питания не только бортовую сеть, но и специальные источники питания.

Минимальная конфигурация компьютеров при подключении адаптеров должна обеспечивать объём оперативной памяти **32 MB**, тактовую частоту микропроцессора не ниже **300 МГц**, операционные системы могут должны быть совместимы с компьютерами IBM. Объём свободного пространства на жёстком диске, требуемый для инсталляции программ – **25MB**, обязательно наличие CD-ROM. Прикладные программы поддерживаются операционными системами Windows 95B Microsoft, Windows 98, Windows Millennium, Windows NT 4.0 (только Service pack 3 и 4), Windows 2000 и Windows XP.

Необходимое для эксплуатации адаптеров программное обеспечение записано в программируемой памяти. По требованию изготовителей программное обеспечение может модифицироваться, поэтому функциональные возможности адаптеров, используемых для различных автомобилей, могут отличаться.

3.7.5. CAN.

Универсальные адаптеры поддерживают систему обмена и передачи информации CAN Bosch, обязательной в двигателях с ТНВД VP44, при помощи 3-х проводного интерфейса. Следует учитывать, что система CAN Bosch может иметь 11-разрядные или 29-разрядные способы передачи информации, при этом адаптеры поддерживают все системы CAN. Адаптеры могут принимать и передавать информацию, при этом с помощью прикладных программ возможна запись и перепрограммирование информации. Для защиты компьютеров в этом случае адаптеры электрически изолированы от персонального компьютера. Необходимая изоляция достигается благодаря использованию оптронных преобразователей в каналах передачи информации.

3.8. Идентификация положения поршней.

3.8.1. Общие требования.

Дизельные двигатели с фазированным впрыском топлива оснащаются электронными устройствами, позволяющими распознавать цилиндры, в которые должен производиться впрыск топлива согласно порядку работы двигателя, и определять местонахождение поршней. Нахождение поршней в произвольной точке, выраженной в градусах угла поворота коленчатого вала, называется *идентификацией* позиции двигателя. Идентификация двигателя необходима для выполнения функций диагностики и управления подачей топлива.

Необходимость идентификации положения поршней в дизелях с цифровыми системами управления объясняется отсутствием жесткой механической связи между исполнительными устройствами, обеспечивающими впрыск топлива, и коленчатым валом, форма которого определяет чередование тактов. Последовательное чередование одноименных тактов по цилиндрам двигателя называется порядком работы. В цифровых системах управления требуется распознавать положение поршней на такте сжатия, во время прохождения которого в цилиндры производится впрыск топлива. Распознавание положения поршней должно быть заблаговременным, что гарантирует достаточность времени для оценки микропроцессором состояния двигателя, выполнения расчетов по определению количества и момента впрыскиваемого топлива, передачи управляющих команд на исполнительные устройства и выполнения впрыска с опережением в оптимальные моменты. Количество впрыскиваемого топлива отмеряется по углу поворота коленчатого вала, поэтому наряду с идентификацией положения поршней требуется измерять с достаточной точностью угол поворота коленчатого вала, в течение которого производится впрыск топлива. Для этой цели устройство идентификации должно вырабатывать импульсы, пропорциональные углу поворота коленвала. В этом случае угол поворота рассчитывается микропроцессором согласно количеству поступивших импульсов.

Отсчет нормального протекания рабочего процесса начинается с 0-точки, соответствующей моменту нахождения одного из цилиндров, обычно первого, в ВМТ в оконча-

нии такта сжатия, что по углу поворота коленвала составляет 0° (360° от начала такта впуска).

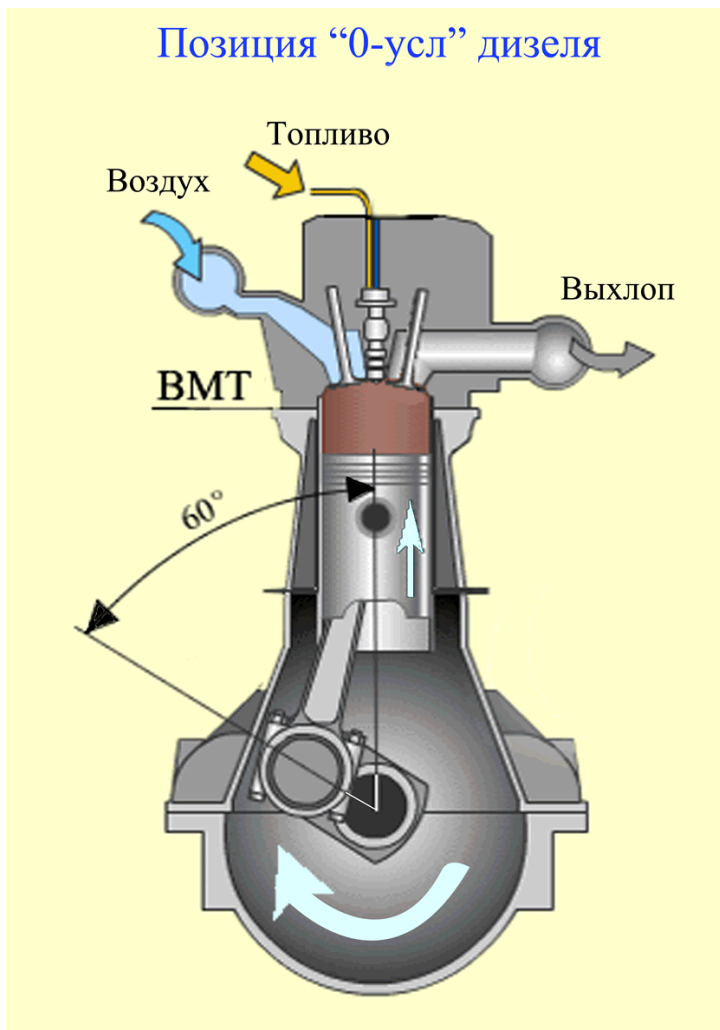


Рис. 3.38. Позиция дизеля «0-усл».

обычно первого, выраженное по углу поворота коленчатого вала и принятое в качестве начала отсчёта параметров впрыска топлива, будем называть условной нулевой точкой или «0-усл». Эта позиция определяется при помощи датчика, фиксирующего угловое положение распределительного вала или приводного вала ТНВД, вращающегося с той же скоростью. Позиция двигателя в условной нулевой точке изображена на рис. 3.38.

В общем случае для обеспечения рабочего процесса в каждом цилиндре должно производиться его наполнение топливом и воспламенение в заданные моменты времени. Моменты впрыска запрограммированы для всего диапазона режимов работы двигателя, и для обеспечения их выполнения требуется определение нахождения поршня в каждом цилиндре. Для остальных поршней положение их в цилиндрах определяется расчетным путем, для чего в память EEPROM блока управления записывается порядок работы цилиндров, в соответствии с которым определяется следующий за первым цилиндр, который должен находиться на такте сжатия. Блок управления в этом случае должен получать от второго датчика, фиксирующего угловое положение коленчатого вала, сигналы, следующие пропорционально чередованию одноимённых тактов.

В дизельных двигателях с системой управления VP44 могут применяться два метода идентификации двигателя. Их различие заключается в назначении метода, месте расположения датчиков и адресации сигналов. Первый метод заключается в распознавании

К приходу поршня в ВМТ в цилиндр должно быть впрыснуто и воспламениться требуемое количество топлива, а при достижении поршнем ВМТ давление сгорания должно достигнуть максимального значения. Этот процесс должен протекать одинаково во всех цилиндрах и не зависеть от условий эксплуатации двигателя. При отклонении в определении момента впрыска топлива горячая смесь будет образована с отклонениями от требуемого состава, а при отклонении в определении момента ее воспламенения может быть нарушено протекание рабочего процесса. Учитывая, что впрыск топлива должен производиться с опережением, а вычислительному устройству контроллера требуется достаточное время для оценки состояния двигателя и выполнения необходимых расчётов, то оценка положения поршня должна выполняться в момент, когда поршень находится на оптимальном удалении до ВМТ.

Положение поршня одного из цилиндров на такте сжатия,

положения поршней цилиндров электронным блоком управления, при этом датчики распознавания расположены на двигателе. Блок управления ECU формирует установочный сигнал позиции двигателя, который используется для обеспечения выполнения общих функций управления двигателем. Вторым методом распознавания позиции двигателя применяется с целью управления исполнительными устройствами ТНВД, обеспечивающими впрыск топлива. Датчики распознавания расположены на двигателе и внутри корпуса ТНВД. Расчёт позиции двигателя производится электронным модулем ТНВД EDU, с блока управления двигателем на модуль поступают сигналы соответственно порядку работы двигателя или чередованию одноимённых тактов.

3.8.2. Идентификация позиции двигателя электронным блоком управления.

3.8.2.1. Общее устройство схемы идентификации.

Идентификации позиции двигателя обеспечивается датчиками идентификации, специальными отметчиками или метками и электрическими цепями для передачи сигналов от датчиков. Пример расположения датчиков на 4-х клапанном двигателе с двумя распределительными валами двигателя изображен на рис. 3.39. Положение поршня первого цилиндра в ВМТ обозначено на схеме шпоночным пазом, который должен совпасть с осью ВМТ при достижении поршнем мёртвой точки в окончании такта сжатия. При иных конструктивных особенностях двигателя схема размещения и назначение датчиков принципиально не отличаются.

Положение поршня первого цилиндра определяется специальным датчиком относительно угла поворота коленвала. Так как рабочий процесс двигателя протекает за два оборота коленвала или через 720° , то датчик должен располагаться в месте, где возможно фиксирование положения поршня на такте сжатия в течение одного оборота, при выполнении коленвалом за это время двух оборотов. Этим местом может являться место напротив распределительного вала двигателя, частота вращения которого составляет $\frac{1}{2}$ частоты вращения коленвала. Датчик генерирует сигнал при прохождении от него в непосредственной близости специального отметчика, положение которого на распредвале выбирается исходя из величины минимального угла для точки «0-усл». Согласно приведенной схеме отметчик размещен напротив датчика так, чтобы генерируемый сигнал формировался за 60° по коленвалу до прихода поршня в ВМТ в окончании такта сжатия, чем обеспечивается необходимая заблаговременность. Отметчиком может быть стержень из магнитного материала или отверстие в шестерне распределительного вала. Конструкция отметчика зависит от типа применяемого датчика. Позиция метки на распредвале определяет точное положение поршня относительно ВМТ в окончании такта сжатия. При наличии одной метки датчик позиции двигателя вырабатывает один импульс в течение длительности рабочего процесса.

Датчик позиции двигателя или датчик положения распределительного вала вырабатывает последовательность импульсов, которые служат для отсчёта точки «0-усл» очередного цикла рабочего процесса. Эта последовательность импульсов называется *опорным сигналом*. Чувствительным элементом датчика позиции двигателя является датчик Холла.

Так как датчик опорного сигнала фиксирует только момент нахождения поршня в начальной точке отсчёта, то для отслеживания величины перемещения поршня необходим второй датчик. Положение поршня в произвольный момент времени определяется по углу поворота коленчатого вала, поэтому величина и скорость перемещения поршня

распознаётся датчиком положения коленчатого вала, генерирующим импульсы, пропорционально угловому положению коленвала.

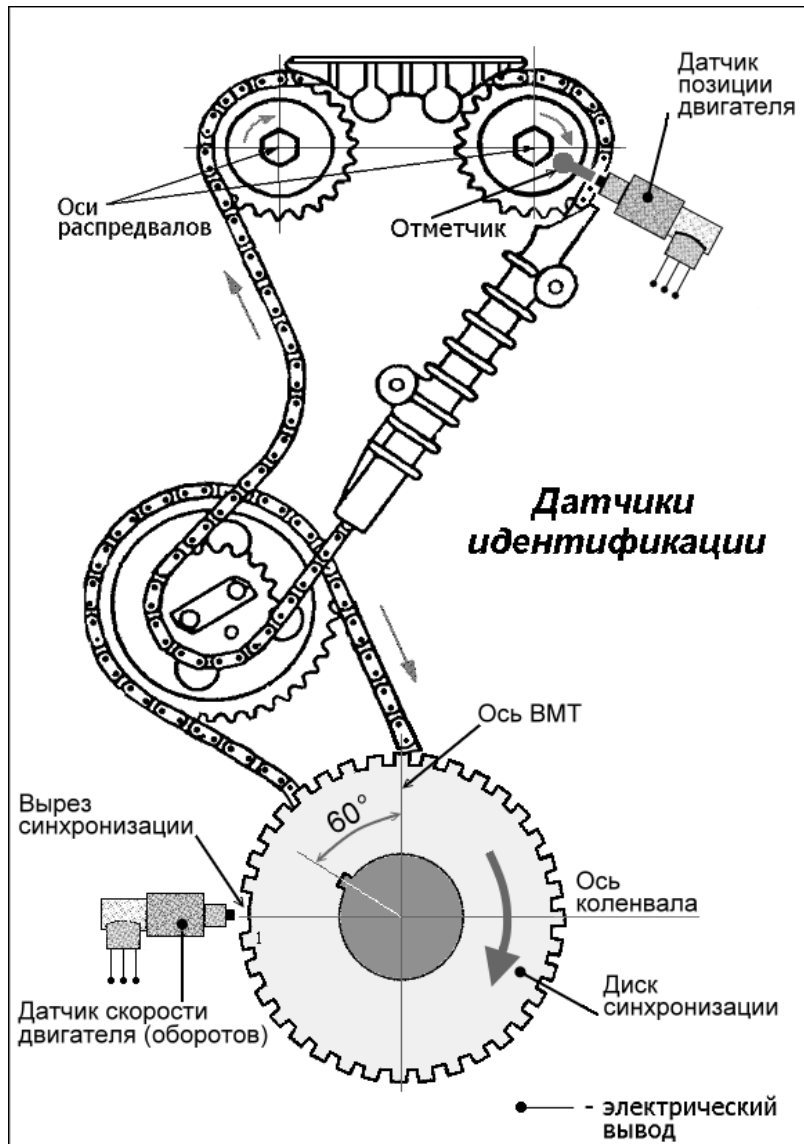


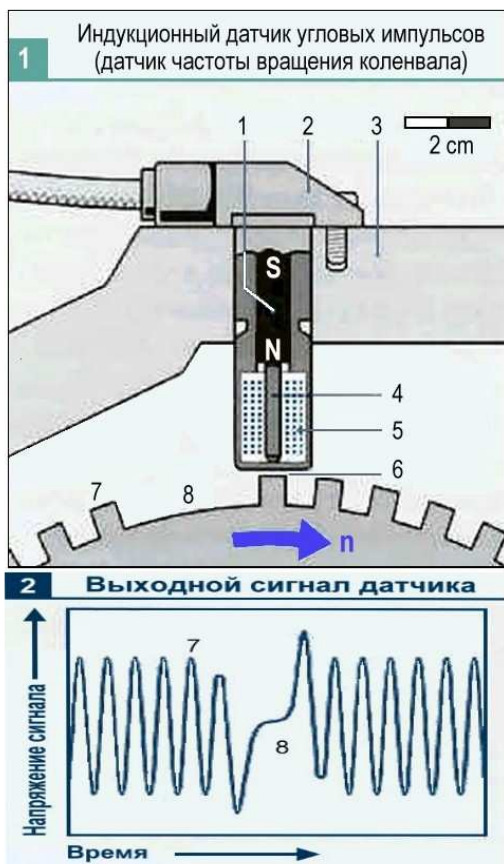
Рис. 3.39. Схема размещения датчиков идентификации.

Измерение углового положения коленчатого вала производится при помощи диска синхронизации, или маркерного диска, на внешней поверхности которого выполнены 35 зубьев идентификации, расположенных с шагом 10° . Один зуб, тридцать шестой по счёту, пропущен, пропущенное место образует вырез или метку синхронизации. Датчик скорости двигателя, являющийся типовым индукционным датчиком, расположен напротив диска синхронизации и генерирует *угловые сигналы* при прохождении в непосредственной близости от него каждого зуба, схему датчика см. на рис. 3.40. Магнит 1 образует магнитное поле, которое распространяется в осевом направлении по стержню 4 датчика. Магнитное поле при прохождении вблизи датчика зубьев 7 диска синхронизации отклоняется от осевого направления, замыкаясь на зубьях. Поле отклоняется в направлении вращения диска, и при этом изменяется его напряжённость. Изменяющееся по величине и направлению магнитное поле наводит в каждом витке обмотки 5 датчика электрический ток, по форме близкий к переменному, токи витков суммируются, и на выходе датчика с разъёма 2 снимается сигнал в форме последовательности пере-

менных импульсов. Количество импульсов, генерируемых за один полный оборот коленчатого вала, равно количеству зубьев на диске.

При прохождении мимо датчика метки синхронизации в форме выреза генерируется сигнал широкой формы, предназначенный для синхронизации угловых импульсов с опорным сигналом. Диск синхронизации и отметчик датчика позиции двигателя располагаются только в одном положении так, чтобы при нахождении поршня первого цилиндра за 60° до ВМТ в окончании такта сжатия обе метки совпадали с осями своих датчиков. В этом положении датчик скорости двигателя генерирует сигнал широкой формы, совпадающий по моменту прохождения с импульсом сигнала от датчика позиции двигателя.

Момент совпадения сигналов распознаётся контроллером как позиция двигателя, при которой поршень первого цилиндра находится в положении «0-усл» и используется для



синхронизации сигналов и обнуления предыдущих расчётов. При вращении коленвала от положения «0-усл» контроллер считает количество угловых импульсов, генерируемых зубьями диска синхронизации, определяя, таким образом, угол поворота коленвала. Так как импульсы генерируются с шагом 10° , то более точное положение коленвала и, соответственно, поршней может рассчитываться арифметическим устройством контроллера при помощи интерполирования или методом приращений.

Рис. 3.40. Датчик угловых импульсов (датчик числа оборотов).

- 1 – магнит,
- 2 – электрический разъём,
- 3 – корпусная деталь двигателя,
- 4 – стержень,
- 5 – обмотка,
- 6 – воздушный зазор,
- 7 – зубья диска синхронизации,
- 8 – метка синхронизации.

Сигналы с датчиков поступают на блок управления ECU, микропроцессор которого обеспечивает оценку режимов работы и состояния двигателя, обращается к памяти для выбора оптимальных параметров и выполняет расчеты и передачу управляющих команд. Одновременно контроллер осуществляет и обмен информацией с исполнительными устройствами и другими электронными блоками управления для обеспечения оптимальных условий рабочего процесса двигателя.

Приведенная схема расположения датчиков используется как основная в комплексных системах управления бензиновыми двигателями, имеющими один электронный блок управления. В дизельных двигателях с системой управления VP44 она применяется как вспомогательная в диагностических целях.

Цель идентификации положения поршней в системе управления заключается, таким образом, в определении действительного положения поршней и формировании сигнала идентификации.

Функция идентификации положения поршней позволяет решить дополнительную задачу, связанную с обеспечением аварийного режима, при котором возможно отключение подачи топлива в неработоспособный цилиндр в случае возникновения неустранимых неисправностей.

3.8.2.2. Формирование установочного сигнала позиции двигателя.

Позиция двигателя начинает распознаваться с начала вращения коленчатого вала, вращение которого обеспечивает формирование сигналов датчиками. Форма, последовательность прохождения основных сигналов и промежуточные сигналы приведены на рис. 3.41 в качестве примера для 4-х цилиндрового двигателя с порядком работы цилиндров 1-4-3-2.

При вращении расположенного на распредвале отметчика в момент его прохождения напротив датчика позиции двигателя генерируется импульс опорного сигнала.

Импульс имеет прямоугольную форму, величина напряжения зависит от типа датчика и составляет 3...5 В. Условно примем, что первый импульс поступил при положении поршня первого цилиндра за 60° до его прихода в ВМТ на такте сжатия. Это положение соответствует позиции «0-усл». Следующий импульс поступит через 720° , то есть после завершения одного цикла рабочего процесса, в течение которого проходят такты сжатие, рабочий ход, выпуск и впуск.

Одновременно с первым импульсом опорного сигнала датчик скорости (угловых импульсов) вырабатывает импульс широкой формы при прохождении напротив датчика выреза (метки) синхронизации. Момент совпадения этих сигналов блок управления распознает как положение поршня первого цилиндра в позиции «0-усл». Арифметическое устройство обнуляет предыдущие расчёты, если они выполнялись, и формирует максимальное значение вспомогательного сигнала. В процессе работы двигателя с датчика скорости двигателя постоянно, с шагом 10° поступают прямоугольные угловые импульсы. Арифметическое устройство процессора считает их количество, при этом счет ведется на убывание, при поступлении очередного импульса вспомогательный сигнал пропорционально уменьшается.

Таким образом, вспомогательный сигнал изменяется в результате счёта угловых импульсов как обратная линейная функция. Вспомогательный сигнал при этом будет иметь пилообразную форму. При поступлении шестого импульса коленвал повернётся на 60° , поршень первого цилиндра достигнет в этом случае ВМТ, но при этом блок управления заблаговременно рассчитает требуемое количество топлива и передаст информацию о нём электронному модулю ТНВД. Для расчёта дозы топлива блок управления определяет частоту вращения коленвала согласно частоте следования угловых импульсов. По этой причине датчик угловых импульсов положения коленвала чаще именуется датчиком числа оборотов (скорости двигателя).

В момент начала второй половины оборота коленвала датчик выработает 18-й по счёту импульс углового сигнала. При прохождении этого импульса, что по углу поворота коленвала составляет 120° , процессор переключается на подготовку смесеобразования в следующем цилиндре согласно порядку работы двигателя. Поршень этого цилиндра также будет находиться в положении 60° до ВМТ на такте сжатия.

Когда коленчатый вал завершит полный оборот и напротив датчика скорости пройдут все 35 зубьев и один пропущенный зуб диска синхронизации, счет угловых импульсов при окончании оборота завершается. При отсутствии ошибок вспомогательный сигнал принимает нулевое значение. При завершении первого оборота коленчатого вала, напротив датчика положения коленвала начинает перемещаться вырез синхронизации, коммутирующий второй импульс широкой формы.

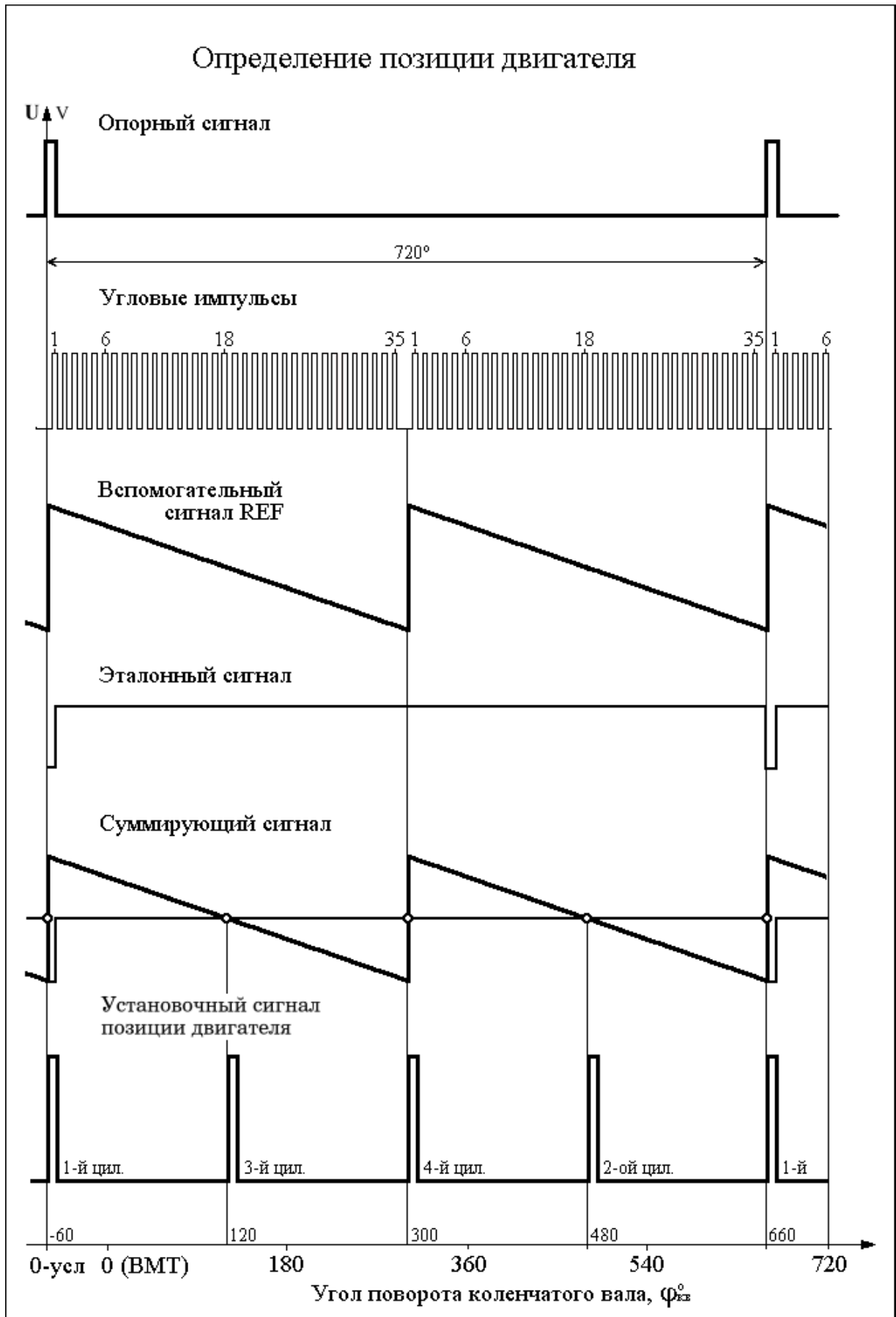


Рис. 3.41. Схема сигналов распознавания позиции двигателя.

В этом случае вспомогательному сигналу задается новое установочное значение, а процессор выполняет по мере поступления угловых импульсов аналогичный их счёт на убывание. У вспомогательного сигнала формируется при этом второй «пилообразный зуб».

Установочное значение позиции двигателя, соответствующее позиции «0-усл», записано в память блока как величина электрического сигнала. Микропроцессор, обращаясь к памяти, вызывает это значение в форме эталонного сигнала с постоянным уровнем напряжения. Для определения позиции двигателя микропроцессор производит логическое сложение вспомогательного и эталонного сигналов (суммирование). В результате суммирования определяется точка, в которой значение изменяющегося вспомогательного сигнала совпадает со значением эталонного сигнала.

Результатом суммирования сигналов являются расчётные точки, которые фиксируют положение каждого из четырёх цилиндров за 60° до ВМТ в окончании такта сжатия. В момент определения этих точек микропроцессор формирует импульсы управления, последовательность прохождения которых представляет установочный сигнал позиции двигателя. Согласно порядку работы двигателя первый сигнал распознаёт положение поршня первого цилиндра, второй – третьего и так далее.

3.8.3. Идентификация позиции двигателя электронным модулем ТНВД.

3.8.3.1. Общее устройство схемы идентификации.

Общие требования и последовательность определения позиции двигателя не имеют принципиальных отличий от выше изложенного метода. Отличие заключается в том, что расчёт позиции выполняется электронным модулем EDU, при этом модуль вырабатывает сигналы управления электромагнитными клапанами опережения впрыска и наполнения топливом. Момент прохождения сигналов управления по электрическим цепям рассчитывается относительно позиции поршня каждого цилиндра в условной нулевой точке.

Отличие от предыдущей схемы идентификации заключается в расположении и устройстве датчика опорного сигнала. Этот датчик размещается внутри корпуса ТНВД напротив зубчатого диска приводного вала ТНВД. Устройство и принцип действия датчика приведены в главе 2. Опорный сигнал генерируется датчиком аналогично при нахождении поршня первого или третьего цилиндров за 60° до ВМТ на такте сжатия по углу поворота коленчатого вала. Наряду с опорным сигналом, генерируемым при прохождении напротив датчика метки в виде удалённого зуба, датчик одновременно генерирует угловые импульсы, пропорциональные углу поворота коленчатого вала. Датчик скорости двигателя является по своему устройству типовым датчиком индукционного типа. Его особенность заключается в том, что он расположен напротив маховика двигателя, в котором установлены равномерно по окружности идентификационные штифты по количеству цилиндров. Штифты расположены так, что датчик генерирует сигнал, подтверждающий нахождение каждого поршня вблизи ВМТ независимо от такта, по этой причине на автомобилях немецких производителей он носит наименование ВМТ-датчика. Назначение датчика при этом способе идентификации заключается в генерировании сигналов, используемых для расчёта скорости двигателя, и формирования для модуля EDU сигнала, пропорционального следованию такта сжатия по цилиндрам двигателя.

3.8.3.2. Формирование сигнала управления.

Расчёт положения каждого поршня на такте сжатия, производится электронным модулем ТНВД, при этом модуль получает от электронного блока ЕСМ информацию о чередовании тактов сжатия по цилиндрам. Схема формирования сигнала управления приведена на рис. 3.42 применительно к шестицилиндровому двигателю, при этом необходимо учитывать, что на схеме внутренние сигналы модуля приведены условно. Датчик положения ротора генерирует сигнал, который можно разделить на две части. Последовательность сигналов широкой формы, генерируемых при прохождении напротив датчика удаленного зуба, можно выделить в качестве опорного сигнала. Каждый импульс этого сигнала проходит в момент нахождения поршня первого (в автомобилях Audi – третьего) за 60° до ВМТ в окончании такта сжатия. Длительность цикла опорного сигнала составляет 720° по углу поворота коленчатого вала. Точка -60° является, таким образом, условной нулевой точкой «0-усл».

Между двумя широкими импульсами следует последовательность импульсов узкой формы. Так как зубья на маркерном диске приводного вала ротора расположены с шагом 3° , то за один цикл рабочего процесса или через 720° угла поворота коленвала пройдет 119 импульсов. Угловой шаг между импульсами составляет 6° , поэтому угол поворота коленчатого вала, пройденный от «0-усл» определяется как количество пройденных импульсов, умноженное на 6° . Последовательность импульсов узкой формы можно назвать сигналом углового положения коленвала.

ВМТ-датчик генерирует аналоговый сигнал (см. осциллограмму 4, приложение №1), который, поступая на электронный блок, преобразуется в сигнал цифровой формы, приемлемый для обработки цифровыми устройствами. Первый импульс от ВМТ-датчика совпадает с импульсом опорного сигнала. В течение двух оборотов коленвала датчик генерирует 12 импульсов. Последовательность цифровых импульсов от ВМТ-датчика используется для расчёта частоты вращения коленвала.

Для формирования сигнала, импульсы которого соответствовали бы нахождению всех поршней на такте сжатия, последовательность цифровых импульсов делится пополам, и с электронного блока на модуль EDU поступает сигнал, состоящий из шести импульсов. Этот сигнал в технической документации имеет наименование сигнала числа оборотов (см. осциллограмму 3, приложение 1).

Модуль EDU сопоставляет сигнал числа оборотов с опорным сигналом и проверяет совпадение импульсов обоих сигналов. Импульс сигнала числа оборотов, совпадающий с опорным сигналом распознается как сигнал нахождения поршня первого (или третьего) цилиндров в ВМТ в окончании такта сжатия, и модуль EDU генерирует первый импульс установочного сигнала позиции двигателя. Поступление следующего импульса сигнала числа оборотов будет распознаваться как нахождение пятого цилиндра на такте сжатия согласно порядку работы двигателя, модуль выработает второй импульс установочного сигнала и так далее. Для формирования сигнала управления, обеспечивающего впрыск топлива требуемого количества и с заданным опережением, модуль генерирует вспомогательный и эталонный сигналы.

Одновременно с генерированием импульсов установочного сигнала модуль формирует начальное значение вспомогательного сигнала REF. С начала прохождения каждого импульса установочного сигнала модуль считает количество проходящих угловых импульсов, счёт импульсов производится на убывание, при прохождении каждого очередного углового импульса вспомогательный сигнал уменьшается на фиксированную величину. В результате подсчёта количества угловых импульсов формируется вспомогательный сигнал REF пилообразной формы. При отсутствии ошибок сигнал REF принимает нулевое значение к моменту поступления очередного импульса сигнала числа оборотов.

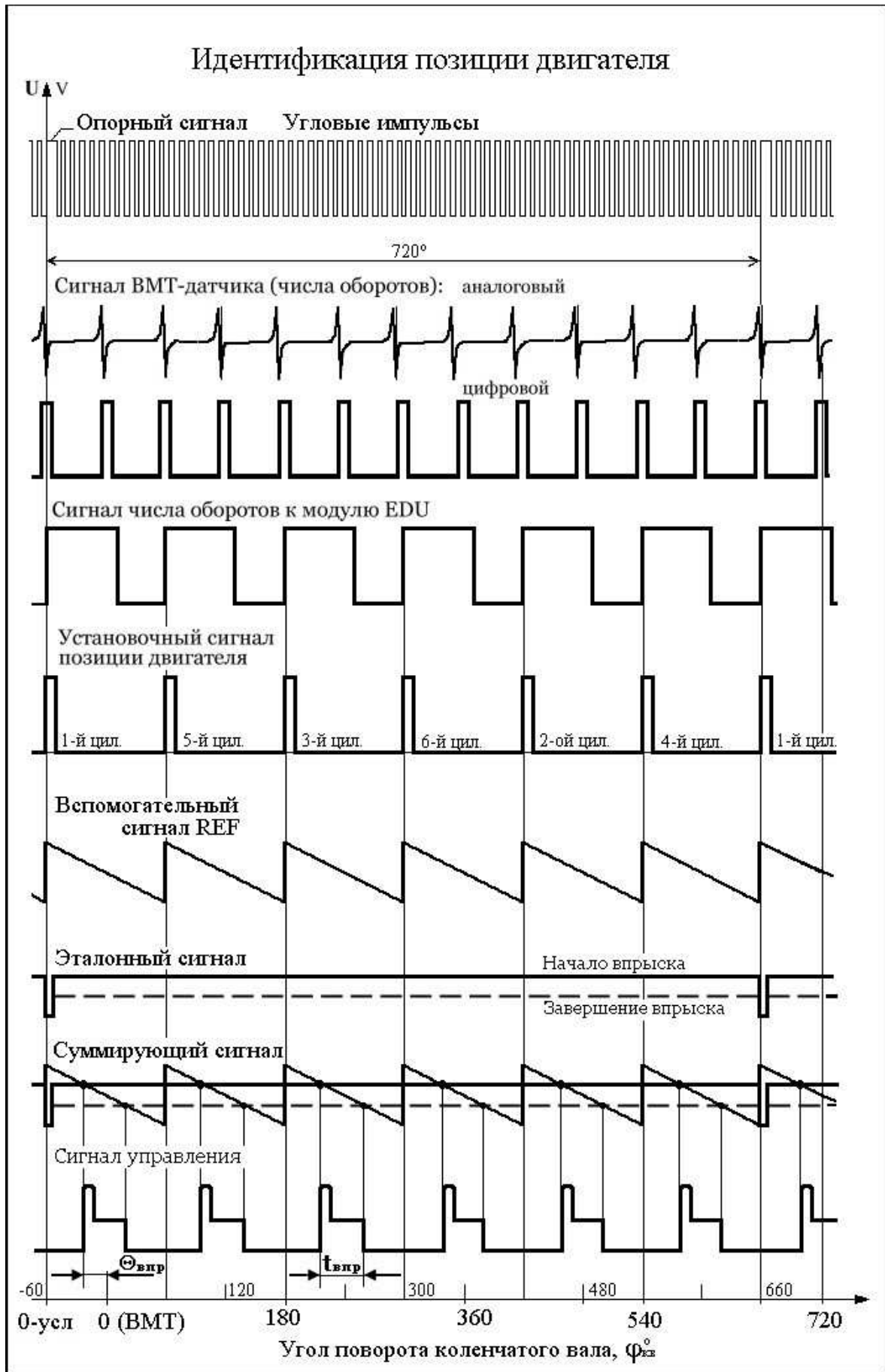


Рис. 3.42. Схема сигналов распознавания позиции двигателя.

Эталонный сигнал представляет собой уровни напряжений, соответствующих оптимальным параметрам подачи топлива. Информацию о количестве впрыскиваемого топлива модуль получает от электронного блока двигателя, момент впрыска рассчитывается модулем. Микропроцессор модуля формирует два эталонных сигнала, один из которых предназначен для определения оптимального момента начала впрыска, а уровень второго сигнала по отношению к первому кратен длительности впрыска. Таким образом, второй эталонный сигнал определяет момент завершения впрыска. На схеме оба сигнала условно изображены как один сигнал с двумя различными уровнями, что не противоречит смыслу объяснения формирования сигнала управления.

Оба эталонных сигнала логически складываются со вспомогательным сигналом. Результатом сложения является нахождение точек совпадения сигналов. Момент совпадения вспомогательного и эталонного сигнала начала впрыска, выраженный в градусах угла поворота коленвала, является расчётным моментом начала впрыска. Рассчитав момент впрыска, модуль формирует ток управления автоматом опережения впрыска топлива. Начало впрыска топлива рассчитывается с опережением, то есть впрыск топлива будет производиться до достижения поршнем ВМТ в точке $0(\text{ВМТ})$. Угловое расстояние между ВМТ и моментом начала впрыска показано как угол опережения впрыска топлива $\theta_{\text{впр}}$.

Момент совпадения вспомогательного и эталонного сигнала завершения впрыска, выраженный в градусах угла поворота коленвала, является расчётным моментом окончания впрыска. Длительность между началом и завершением впрыска соответствует длительности впрыска топлива $t_{\text{впр}}$. Для обеспечения впрыска в соответствии с расчётным значением длительности модуль формирует ток управления клапаном наполнения ТНВД.

3.9. Система передачи информации CAN-BUS.

3.9.1. Общее описание системы CAN.

Система CAN - последовательная система, предназначенная для связи "интеллектуальных" устройств, а также сенсоров и приводов в пределах системы или подсистемы управления автомобиля [6]. Система CAN обеспечивает, таким образом, передачу и обмен информацией между всеми устройствами, входящими в систему управления. Обмен информацией производится через последовательную шину (канал) с многофункциональными возможностями, то есть все узлы системы CAN способны передать данные, а некоторые узлы одновременно запрашивать через шину данные, требуемые для обеспечения управления устройствами автомобиля. Последовательная система CAN с возможностями в реальном времени соответствует международному стандарту ISO 11898 в части взаимодействия и моделирования открытых систем. Это означает, что в системе CAN отсутствует стандартная согласно ISO 11898 адресация входящих в систему управления устройств, а обмен информацией между ними обеспечивается по приоритету сообщений.

3.9.2. Обмен информацией.

Электронный блок управления, являющийся в системе CAN передатчиком, каждый узел, или устройство в составе системы управления, распознает на основе присвоенного ему идентификатора. Рассчитывая команду управления, блок определяет приоритет идентификаторов адресатов и отправляет сообщение на тот идентификатор, которому

отдано предпочтение. Данная схема передачи информации определена из условия обеспечения простоты и надёжности, низкой себестоимости системы и необходимости использования доступных стандартных интегральных чипов. Чипы, являющиеся интегральными микросхемами, реализуют функции ввода/вывода информации, функциональных библиотек, интерфейсов, программных средств.

Диспетчер CAN в составе блока управления может регистрировать ошибки в передаче информации и оценивать статистику ошибок для того, чтобы принимать надлежащие меры, включая отключение узлов CAN, производящих ошибки.

Каждое сообщение CAN может передать пользователю от 0 до 8 байтов информации, передача более длинных сообщений информационных данных производится последовательно, используя сегментацию сообщения. Максимальная скорость передачи данных составляет 1 Мбит/с. Эта величина относится к шинам CAN длиной вплоть до 40 м. Для более длинных расстояний, вплоть до 500 м, скорость передачи данных уменьшается до 125 Кбит/с, максимальное расстояние передачи сообщений составляет 1 км при скорости передачи данных 50 Кбит/с.

3.9.3. Функциональное назначение.

Архитектура бортовой электрической сети современного автомобиля включает обязательный комплекс периферийных устройств и датчиков, объединенных общим управлением от электронного блока управления двигателем. Управление системами осуществляется путем обмена управляющей информацией по системной шине передачи данных CAN-BUS.

Система передачи данных CAN-BUS представляет собой двунаправленное низкоскоростное соединение интеллектуальных приводов или датчиков для передачи цифровых данных с широкой полосой пропускания частот между электронными блоками, управляющими системами автомобиля.

В дизельном двигателе с системой управления VP44 системой коммуникации CAN-BUS связаны между собой электронный блок управления двигателем ECU и электронный модуль управления ТНВД VP44, а также блок ECU и электронные блоки управления агрегатами автомобиля. К ним относятся электронные блоки управления автоматической трансмиссией и антиблокировочной системой (см. рис. 1.6). Так контроллер ECU позволяет изменять конфигурацию цифровой системы управления, то в некоторых моделях автомобилей, в том числе и на тракторах, где используется топливная система VP44, линиями CAN-BUS могут быть охвачены другие системы, например, микроклимата.

Передача информации в системе CAN-BUS производится по двум каналам данных Bus+ и Bus- или Can+ и Can- (другое название Can-High и Can-Low). Двунаправленная шина сопряжена с контроллером ECU, выполняющим функции просмотра (сканирования) и сравнения данных, проходящих по шине, а также согласования их с режимом работы и состоянием двигателя, и исполнительным модулем EDU. Схема шины Can-Bus изображена на рис. 3.43.

Различные типы сведений о состоянии двигателя получают контроллером, как от внешних датчиков, так и через шину передачи данных, иначе непосредственно с модуля управления ТНВД. Модуль контроля и управления ТНВД и контроллер поочередно связываются друг с другом, обеспечивая взаимообмен информацией. Модуль принимает только те элементы данных, которые ему требуются от контроллера для управления подачей топлива.

Различные типы данных, передаваемые по шине CAN-BUS, могут просматриваться посредством сканера и сравниваться с нормативными значениями.

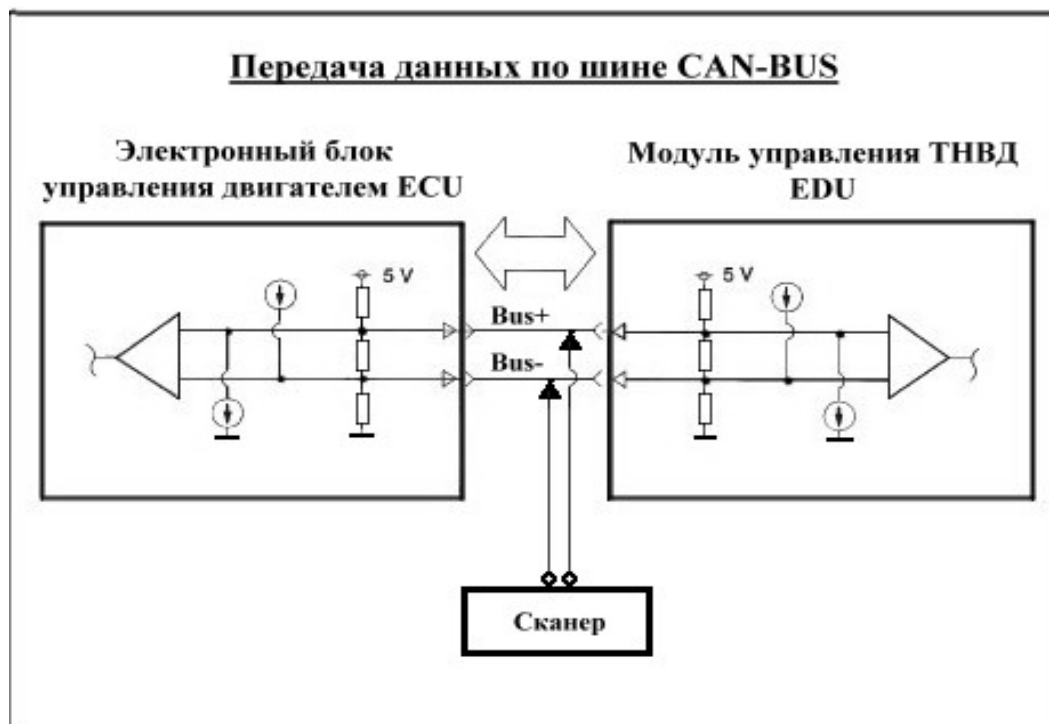


Рис. 3.43. Функциональная схема CAN-Bus.

3.9.4. BUS+ и BUS- каналы.

Система передачи информации имеет два провода, соединяющие параллельно контроллер ECU и модуль EDU. Они обозначаются соответственно BUS+ и BUS-. Для надежной связи провода в шине скручиваются с шагом 1.75" дюйма. Скручивание проводов предназначено для предотвращения наведения электромагнитных помех (шумов) в электрических цепях шины.

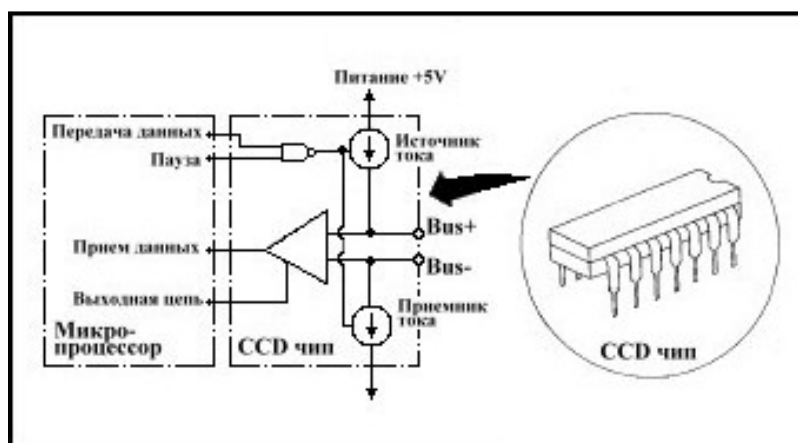


Рис. 3.44. Схема коммуникации сигналов.

Если скручивание проводов не поддерживается на всем протяжении шины (особенно в растровых точках и стыках), то вследствие образования шумов и искажения передаваемого сигнала по шине к модулю может быть передана ложная информация.

Подготовка к приему и передаче информации обеспечивается устройствами связи, представляющими собой интегральные микросхемы высокой степени интеграции - чипы CCD (Communication Control Driver). Чипы размещаются на входах устройств

управления, и с ними обеспечивается соединение шины CAN-BUS. Схема электрических коммуникаций, по которым происходит прием и передача данных в форме электрических сигналов, представлена на рис. 3.44. Особенностью передачи информации по шине CAN-BUS является смещение напряжения в каналах BUS+ и BUS-.

3.9.5. Падение напряжения.

Оба канала BUS+ и BUS- имеют смещение напряжения относительно источника питания приблизительно 2,5 В. Между собой они имеют также небольшую разность напряжений. Смещение напряжения обеспечивается последовательным соединением резисторов в электрической цепи коммуникации напряжений. Схема коммуникации смещения напряжений приведена на рис. 3.45.

Электрический ток от источника питания +5 В через резистор R1 поступает на канал BUS-, а затем через оконечный резистор R2 на канал BUS+. На общий провод ток с канала BUS+ поступает через резистор R3.

Цепочка резисторов R1, R2 и R3 образуют делитель напряжения, на котором проходящий ток создает падение или смещение напряжения на каждом из резисторов. Все резисторы являются прецизионными, то есть особо точными, элементами. Высокая точность значения сопротивления резисторов требуется для достижения действительных значений напряжения в узком поле допусков, что необходимо для нормального функционирования шины передачи данных.

Если система функционирует нормально, то канал BUS- имеет сетевое напряжение несколько выше, чем сетевое напряжение канала BUS+. Примерные значения напряжения на каналах приведены на схеме. Значение падения напряжения на канале BUS+ относительно канала BUS- составляет около 0,2 В и вызвано невысоким значением сопротивления оконечного резистора R2 - 120 Ом.

Операционный диапазон изменения напряжения каналов составляет приблизительно 1,5...3,5 В. Если величина напряжения будет выше или ниже этого диапазона, то шина CAN-BUS будет иметь трудности, связанные с нормальной передачей информации и поддержкой связи между контроллером и электронным модулем ТНВД.

3.9.6. Завершение обработки сигналов.

Передаваемая информация принимается чипом связи и преобразуется в пригодную для передачи форму частотного сигнала. Окончательно сигнал формируется оконечными резисторами, представляющими собой навесные элементы микросхем ССД. Оконечные резисторы располагаются во внутренних частях контроллера и модуля вне чипа связи. Канал приема или передачи данных считается полным, если существует, по крайней мере, один оконечный резистор. Оконечные резисторы обеспечивают устойчивость каналов BUS+ и BUS- к передаче информации без искажений. При изготовлении величини

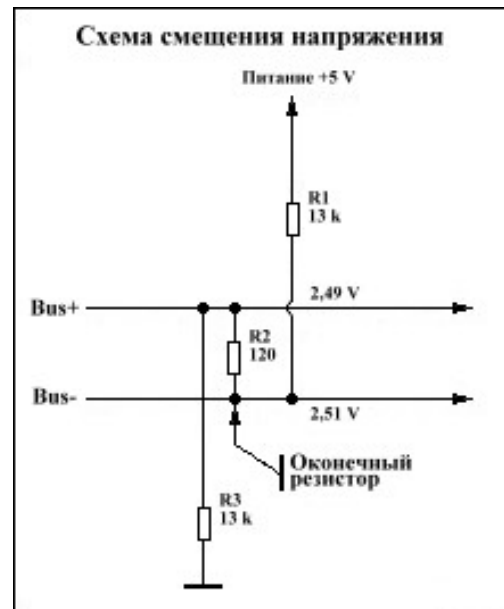


Рис. 3.45. Схема смещения.

на сопротивления резисторов калибруется для обеспечения формы и точных значений напряжения передаваемых сигналов.

Нормальное функционирование каналов может быть предварительно проверено с помощью обычных омметров. Проверка производится измерением сопротивления оконечных резисторов при помощи двух омметров. Каждый из приборов подсоединяется к одному из каналов и общему проводу. Один из омметров будет читать сопротивление оконечного резистора от 100 до 140 Ом для одного из контролируемых каналов и от 40 до 80 Ом для второго канала. Широкий диапазон измеряемых параметров объясняется входным сопротивлением чипа связи.

3.9.7. Ввод и вывод информации.

Передаваемая информация в форме дискретных сообщений, передаваемых по линии связи, рассматривается на входе и выходе. Выходные сообщения от любого модуля используются в линии связи как входные сообщения для других модулей. Передаваемая информация должна быть представлена в виде высокочастотного цифрового сигнала, преобразование сведений о состоянии двигателя, команд управления в виде стандартных цифровых сигналов обеспечивается микросхемами CCD (см. рис. 3.44). Микросхемные чипы являются обязательными элементами контроллера и модуля. Каждый чип имеет два параллельных канала, по одному из которых происходит подготовка данных для передачи по шине CAN-BUS, а по второму - прием и преобразование информации в форму, пригодную для обработки имеющимся микропроцессором.

Входные сообщения используются модулями, чтобы осуществить основные пункты программ управления. Устройство шины CAN-BUS позволяет использовать информацию от одного и того же датчика более чем одним модулем, обеспечивая при этом передачу обработанных сообщений. Выходные сообщения предназначены для передачи информации между модулями и могут быть применены для диагностических целей с использованием цифровых приборов сканирования.

3.10. Подогрев воздуха на впуске.

Подогрев воздуха выполняется при старте холодного двигателя в целях облегчения пуска за счет улучшения испаряемости топлива, а также для обеспечения стабильности работы на холостом ходу и приведения дымности выхлопа. Применение подогревателей позволяет облегчить запуск дизеля и снизить выброс «белого» дыма и эмиссию углеводородов. Подогреватель устанавливается во впускном воздушном трубопроводе.

Общий вид и схема размещения подогревателя воздуха приведены на рис. 3.46. Впускной подогреватель является электрическим нагревателем воздуха, управляемым электронным блоком управления. Контроллер поддерживает работу подогревателя в послестартовом режиме при температуре холодного дизеля и низких температурах окружающего воздуха.

В качестве нагревательных элементов воздуха используются электрические нагреватели в форме проволочных спиралей, омываемых всасываемым воздухом и расположенных в корпусе, встроенном во впускном трубопроводе. Корпус подогревателя размещается до измерителя расхода воздуха. На двигателях с управляемой впускной заслонкой подогреватель размещается между заслонкой и впускным коллектором.

Во впускном подогревателе используются нагревательные элементы с положительным температурным коэффициентом РТС (Positive Temperature Coefficient), у которых электрическое сопротивление нити накала возрастает с увеличением температуры.

Нагревательные элементы с положительным РТС обеспечивают увеличенную скорость разогрева и снижение потерь электрической энергии при достижении оптимальной температуры разогрева.



Рис. 3.46. Подогреватель воздуха на впуске.

Подогреватель работает в двух режимах:

Предпусковой режим. Цель, достигаемая при работе на этом режиме, - облегчение запуска и обеспечение гарантированного пуска при минимальных затратах электрической мощности. В первые секунды с момента запуска воздух предварительно нагревается до температуры, необходимой для воспламенения топлива. Типовая продолжительность режима составляет от **2** до **10** секунд в зависимости от температуры окружающего воздуха.

Постпусковой режим. Цель, достигаемая на этом режиме, - снижение выброса белого дыма и эмиссии углеводородов. Нагреватель поддерживает температуру после старта по командам контроллера. Температура нагрева воздуха на впуске и продолжительность работы нагревателя зависят от температуры двигателя и температуры окружающего воздуха. Подогреватель отключается, когда двигатель достигнет температуры теплого двигателя **45...55 °С**.

Напряжение питания подогревателя: **12/24 V** для различных модификаций.

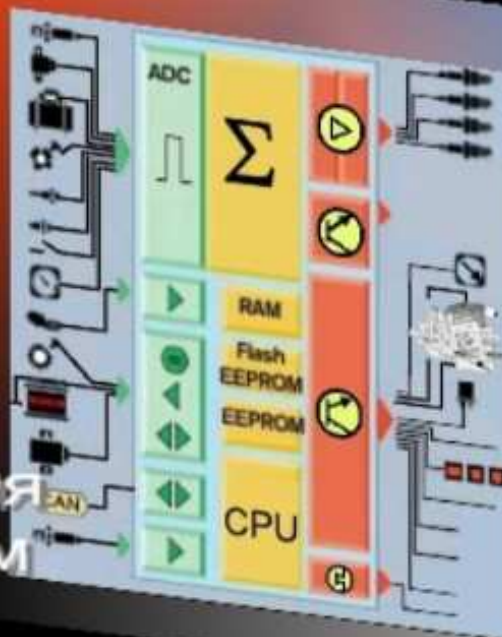
Подогреватель проектируется как средство OEM, интегрирующееся с цифровыми системами управления, что означает возможность подключения подогревателя к контроллеру.

Эффективность применения подогревателей воздуха:

- быстрый, мягкий и надежный запуск в холодное время года.
- 5...10 кратная экономия мощности аккумуляторной батареи в сравнении с «холодным запуском»;
- простота обслуживания и долговечность работы;
- возможность интегрирования в цифровую систему управления дизелем как средство OEM;
- автономная автоматическая работа без участия водителя;
- низкий выброс «белого» дыма во время запуска;
- низкая вероятность детонаций во время старта.

Глава 4

Функции
управления
двигателем



4.1. Принципиальное устройство системы управления.

В ЦСУД VP44 процессы приготовления горючей смеси, обеспечения впрыска топлива в заданном количестве и в требуемые моменты времени, контроля сгорания топлива и управления токсичностью выхлопа автоматизированы. На различных режимах обеспечение оптимальных условий работы двигателя решается различными средствами, поэтому необходимо знать принцип и особенности работы всех исполнительных устройств, входящих в систему [3]. Это требуется для выполнения анализа работоспособности системы и выявления неисправностей устройств, коренным образом влияющих на возможные отклонения от нормального рабочего процесса двигателя. Учитывая, что система управления является микропроцессорной, режимы работы системы обеспечиваются прохождением электрических сигналов в электрических цепях. Сигналы являются носителями команд управления и информации о состоянии двигателя, а также условиях движения автомобиля. Виды сигналов и направление их прохождения отображены на принципиальной схеме электрических соединений, приведенной на рис. 4.1.

В системе электронного управления двигателем имеются два электронных микропроцессорных устройства - электронный блок управления двигателем (контроллер ECU) A01 и электронный модуль управления насосом ТНВД VP44 (EDU) A02.

Контроллер A01 регистрирует все внешние сигналы, поступающие с датчиков:

- RK2 - датчик температуры воздуха на впуске;
- UZ1 - ВМТ-датчик (датчик числа оборотов);
- UZ2 - датчик подъема иглы форсунки (датчик начала впрыска топлива);
- RK1 - датчик температуры двигателя;
- DA1 – измеритель расхода воздуха;
- R1 – датчик положения педали акселератора;
- DA2 - датчик давления наддува.

Контроллер рассчитывает:

- норму (дозу) впрыскиваемого топлива (по углу поворота коленвала °/к.в.);
- количество впрыскиваемого топлива Q_T ;
- момент начала впрыска топлива (по углу поворота ротора);
- значения коэффициентов коррекции для приведения действительного момента впрыска и количества впрыскиваемого топлива к расчетным значениям.

Электронный модуль EDU постоянно контролирует угловое положение ротора соответственно поступлению сигналов с датчика положения ротора ДПР.

Электронный модуль EDU рассчитывает:

- количество впрыскиваемого топлива I_n по углу поворота ротора;
- начало впрыска топлива $I_{впр}$ по угловому положению ротора;
- угловую частоту вращения ротора n_p по частоте следования угловых импульсов с датчика ДПР;
- угловое положение ротора в любой момент времени по количеству угловых импульсов с датчика ДПР;
- температуру топлива t_T (начиная с 80...90 °С).

Электронный модуль EDU управляет:

- электромагнитным клапаном управления наполнением (клапаном высокого давления) YA1, изменяя длительность импульса управления I_n ;

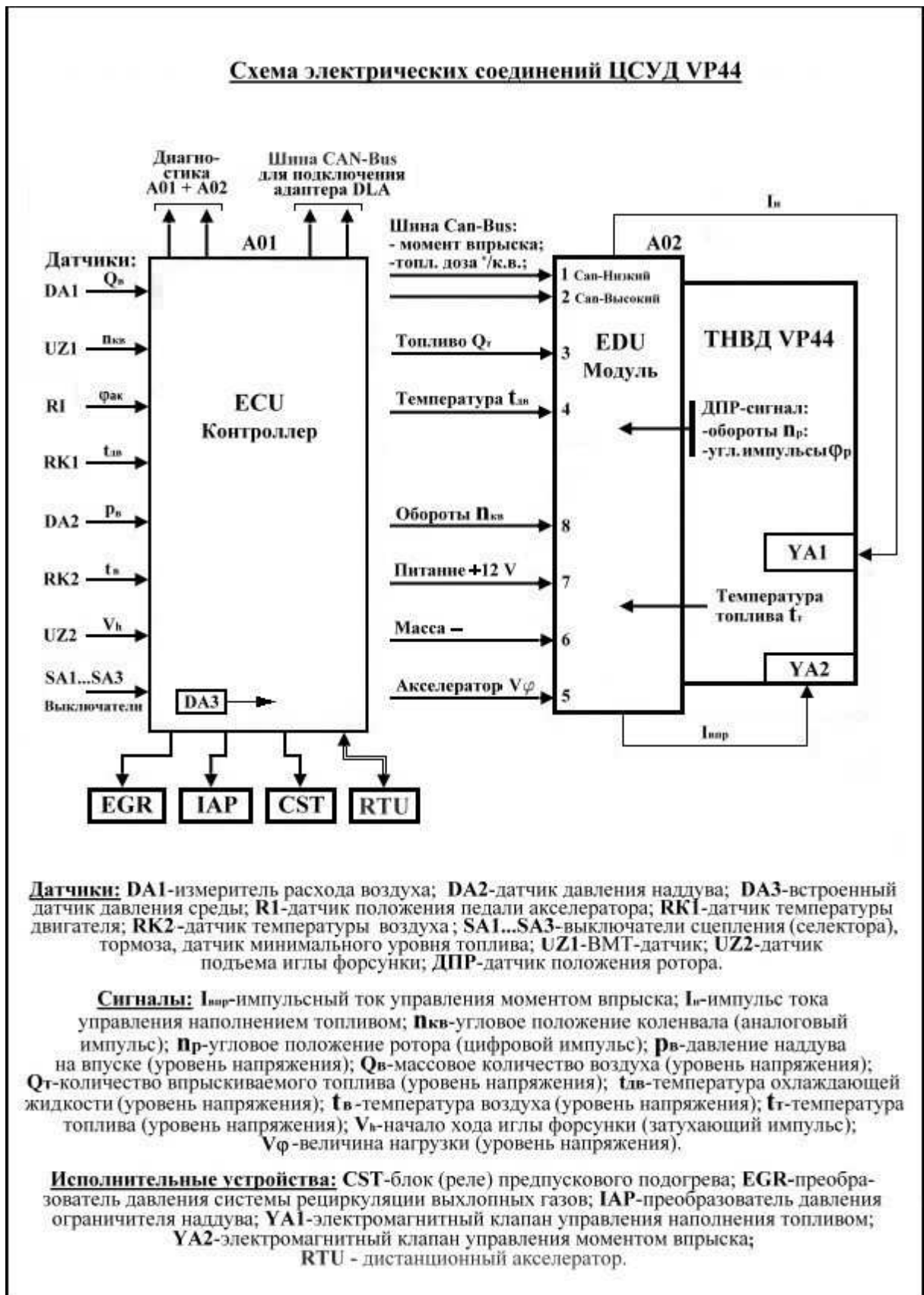


Рис. 4.1. Электрические соединения ТНВД VP44.

- электромагнитным клапаном управления моментом впрыска топлива YA2, изменяя скважность импульсного тока $I_{\text{впр}}$.

Шины передачи данных обеспечивают постоянный обмен информацией между электронными блоками управления различными устройствами и системами автомобиля:

- обмен данными между контроллером ECU A01 и электронным модулем управления насосом EDU A02 происходит по шине передачи данных CAN-BUS;
- обмен данными между контроллером ECU A01 и электронным блоком управления автоматической трансмиссией (при ее наличии) происходит по шине передачи данных K-BUS;
- обмен данными между контроллером ECU A01 и с электронным блоком управления микроклиматом происходит по шине передачи данных G-BUS.

Шина CAN-BUS контроллера имеет выход на внешний электрический разъем для подсоединения контроллера к персональному компьютеру через адаптер DLA.

Контроллер управляет вспомогательными подсистемами двигателя:

- линейным клапаном рециркуляции выхлопных газов EGR;
- преобразователем давления ограничителя наддува IAT;
- подсистемой предварительного разогрева камеры сгорания CST;
- подсистемой подогрева/охлаждения воздуха во впускном тракте.

При выходе из строя датчиков-регистраторов режимов работы двигателя контроллер переключается на резервное управление при помощи дистанционного акселератора RTU.

По шинам передачи данных происходит также передача кодов неисправностей к панели самодиагностики, на панели каждый раз, как только обнаруживается текущая неисправность, индицируется код неисправности. Неисправности обнаруживаются подсистемами самодиагностики, встроенными в оба электронных прибора - контроллер A01 и модуль A02.

4.2. Функции управления подачей топлива.

4.2.1. Состав функций управления .

Функции управления подачей топлива реализуются электронным блоком управления ЭБУ, который управляет исполнительными механизмами, оценивая состояние двигателя в каждый момент времени на основании сигналов датчиков. Управление режимами двигателя осуществляется посредством электронного модуля ТНВД, обеспечивающего работу топливного насоса. Для получения оперативной информации о действительных параметрах топливоподачи, количестве впрыскиваемого топлива и моменте впрыска, между ЭБУ и модулем осуществляется постоянный обмен информацией о состоянии процесса нагнетания топлива к топливным форсункам. Получаемая от модуля информация используется блоком управления для корректировки, при необходимости, действительных значений контролируемых параметров с целью приведения их к расчетным значениям. Расчетные базовые значения количества впрыскиваемого топлива, момента начала впрыска топлива и другие базируются на оптимальных для всех режимов величинах, записанных в память ЭБУ в форме матриц данных (см. гл. 3). Получаемая от датчиков информация используется ЭБУ для пересчета базовых значений в расчетные путем умножения их на поправочные коэффициенты, установленные для каждого из контролируемых сигналов датчиков и применительно ко всему диапазону измерения.

Электронный модуль, получая от ЭБУ расчетные значения, обеспечивает немедленное их выполнение. В задачи модуля входит определение положения вращающегося ротора и обеспечение работы электромагнитных клапанов управления наполнением топливом и опережением впрыска так, чтобы топливо нагнеталось в заданном количестве, и обеспечивался впрыск в требуемый момент времени по углу поворота ротора в цилиндр, находящийся в окончании такта сжатия.

Информация с датчиков применяется для регистрации режимов работы двигателя и оценки его состояния по обычной для систем управления схеме. Получаемая контроллером информация используется для выполнения расчетов команд управления исполнительными механизмами. Команда управления может представлять собой фиксированное значение силы тока, импульс тока необходимой длительности, импульсный ток с заданными параметрами или значение напряжения. Вид команды зависит от конструкции и принципа действия исполнительного устройства.

В состав функций управления, обеспечиваемых работой соответствующих исполнительных механизмов, входят:

- управление количеством впрыскиваемого топлива - клапан управления наполнением;
- управление отдельным впрыском – клапан управления наполнением;
- управление началом подачи топлива - клапан управления моментом впрыска;
- управление холостым ходом и прогревом - клапан управления наполнением и клапан управления моментом впрыска;
- управление стартом – электронное реле управления свечами предварительного накала;
- поддержание минимально устойчивых оборотов на холостом ходу - клапан управления наполнением;
- управление подогревом воздуха на впуске - впускной подогреватель;
- управление рециркуляцией – преобразователь давления EGR;
- управление давлением наддува – преобразователь давления системы турбонаддува;
- темпомат (круиз-контроль) - программное обеспечение ЭБУ;
- диагностика - программное обеспечение ЭБУ.

Кроме основных функций, система управления может реализовывать другие дополнительные функции в зависимости от модели автомобиля. К ним могут относиться управление воздушным потоком на впуске, блокировка запуска, защита от перегрева двигателя, отключение двигателя и другие.

Основные функции в целом соответствуют функциям двигателей с механическими топливными насосами, кроме регулирования числа оборотов. В механических системах топливоподачи для регулирования частоты вращения коленчатого вала применяются механические регуляторы числа оборотов, аналогов или подобий которых в электронных системах управления не имеется [2].

Принципиальное отличие современных систем управления заключается в реализации функций с помощью электронно-управляемых устройств, что позволяет обеспечить более высокие выходные технико-экономические показатели, недоступные для механических систем, повысить точность, диапазон регулирования, обеспечить адаптацию систем управления и их диагностирование.

В описании функций на схемах управления указаны обозначения осциллограмм основных сигналов. Изображения осциллограмм сигналов управления приведены в приложении 1 согласно обозначениям.

4.2.2. Управление количеством впрыскиваемого топлива.

Управление подачей топлива заключается в расчете необходимого количества топлива, требуемого для преодоления действующей в текущий момент нагрузки на автомобиль и развития необходимых скоростных показателей. Скорость движения и действующая нагрузка через трансмиссию воспринимаются двигателем, который для этого должен выполнить определенную работу, требующую затрат топлива. Способность двигателя преодолевать нагрузку или выполнять работу характеризуется как режим работы. Управление количеством впрыскиваемого топлива в данной главе рассматривается для режима частичных нагрузок, когда водитель воздействует на педаль акселератора с ограничениями, и она занимает промежуточное положение. Для прочих режимов, как полная нагрузка и пуск двигателя, приводятся дополнения к работе системы, объясняющие изменения в топливоподаче, при которых обеспечивается впрыск необходимого количества топлива.

Режим работы двигателя распознается ЭБУ по сигналам педали акселератора, снимаемого с датчика положения, и частоты вращения коленвала с ВМТ-датчика. Двигатель при этом должен быть прогрет и иметь температуру системы охлаждения, соответствующую горячему двигателю. Функциональная схема управления впрыском топлива приведена на рис. 4.2.

Сигнал величины нагрузки на режимах - пуск, холостой ход и максимальная мощность снимается с контактов выключателя датчика. На частичных нагрузках сигнал нагрузки снимается с подвижного контакта потенциометра.

Для горячего двигателя сигнал температуры $t_{дв}$ должен иметь напряжение менее **1,4 V**, сигнал педали акселератора, соответствующий частичным нагрузкам, - находиться в пределах **0,3...4,5 V**.

Сигнал с датчика положения педали акселератора, поступая на контроллер, распознается как величина нагрузки, а частота следования импульсов с ВМТ-датчика используется для расчета частоты вращения коленчатого вала. Эти сигналы служат для обращения микропроцессора контроллера к памяти и определения базового количества впрыскиваемого топлива, принимаемого в качестве расчетного значения (см. рис. 2.7).

Расчетное базовое количество топлива корректируется в зависимости от состояния двигателя, регистрируемое контроллером согласно поступлению сигналов с датчиков: давления во впускном трубопроводе, температуры воздуха на впуске, расходомера воздуха, температуры двигателя, давления среды. Скорректированная величина в качестве расчетного количества впрыскиваемого топлива по отдельной линии связи направляется на модуль управления насосом. Единицей измерения количества топлива является объем, выраженный в угловых единицах, градусах, угла поворота коленчатого вала. Значение количества топлива, поступившее на модуль, пересчитывается им в угол поворота ротора, для чего используются поступающие с датчика положения ротора угловые импульсы Φ_p .

Коррекция количества топлива выполняется в зависимости от состояния двигателя путем определения величины поправки, которая рассчитывается согласно величине сигналов с входных датчиков. Величина поправки добавляется к расчетному количеству, определяя, таким образом, конечный (заключительный) объем впрыскиваемого топлива.

Количество топлива, требуемое при старте, увеличивается в момент поступления сигналов пуска соответственно температуре двигателя, величина которой оценивается по уровню сигнала $t_{дв}$. Чем ниже температура двигателя во время запуска, тем большее количество топлива впрыскивается в цилиндры.

На полных нагрузках (сигнал с потенциометра датчика положения педали акселератора $\Phi_{ак}$ превышает $4,5 \text{ V}$) для корректировки величины нагрузки при расчете количества топлива учитывается расход воздуха Q_v (при наличии расходомера воздуха).

Сигнал расхода воздуха Q_v снимается с интегрального датчика, встроенного в измеритель расхода воздуха. На малых и средних нагрузках сигнал расхода воздуха используется для ограничения подачи топлива с целью обеспечения прозрачности выхлопа. Величина сигнала, используемого для ограничения количества впрыскиваемого топлива, не превышает $4,2 \text{ V}$.

Примечание: Для конкретного автомобиля датчик нагрузки может иметь отдельную электрическую схему включения, поэтому значения сигналов датчика должны уточняться при проведении диагностических работ.

На предельных нагрузках (сигнал с выключателя датчика положения педали акселератора поступает в виде уровня напряжения 0 V) количество топлива снижается с учетом расхода воздуха для ограничения дымности выхлопа. Количество топлива на предельных нагрузках ограничивается предельно-допустимой нормой.

Для предотвращения перегрева двигателя расчетное количество топлива уменьшается. Основанием для корректировки в сторону уменьшения впрыскиваемой дозы топлива является уровень сигнала $t_{дв}$ с датчика температуры двигателя. Предельно-допустимой температурой рубашки охлаждения является $112 \text{ }^\circ\text{C}$, при которой уровень сигнала датчика составляет менее $0,5 \text{ V}$.

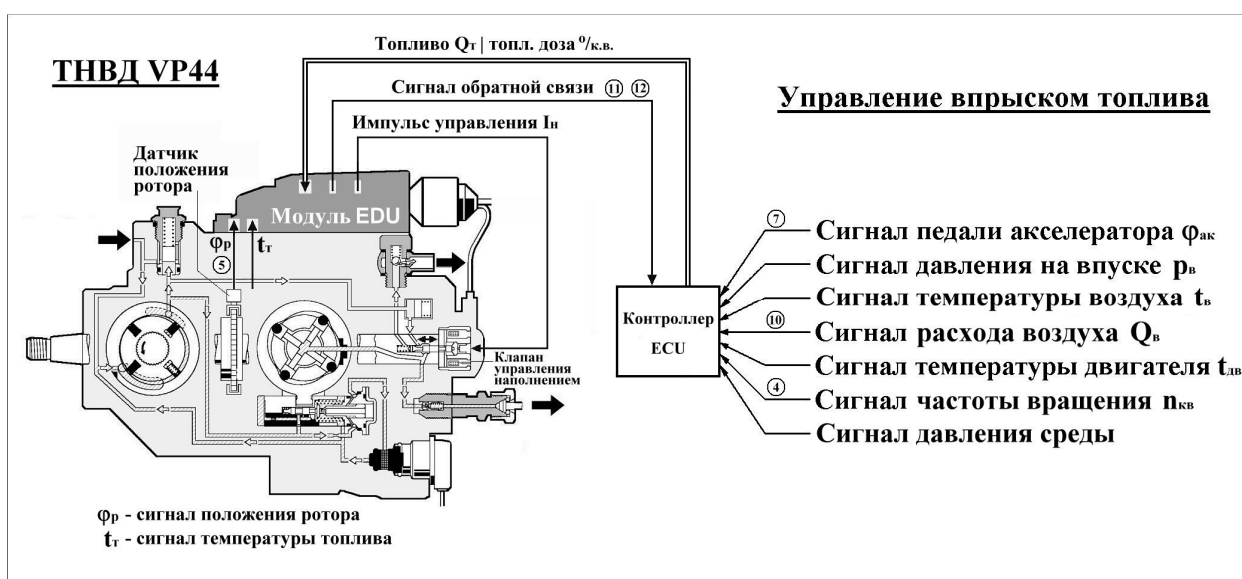


Рис. 4.2. Функциональная схема управления впрыском топлива.

При эксплуатации автомобиля в гористой местности при высоте над уровнем моря выше $1500 \dots 2000 \text{ м}$ для учета снижения плотности воздуха из-за снижения атмосферного давления, расчетное количество корректируется в сторону уменьшения согласно величине сигнала с встроенного в контроллер датчика давления среды.

На некоторых моделях автомобилей, например, внедорожниках, может дополнительно использоваться сигнал с датчика механической КПП о включении 1-й передачи, предназначенный для блокировки цепи управления и переходе на механическое управление топливоподачей для гарантированного наполнения цилиндров избыточным количеством топлива.

Расчетное количество топлива для цифровой системы управления является величиной импульса управления $I_{и}$, длительность которого кратна дозе топлива (см. рис. 2.16),

контроль топливоподачи во всем диапазоне нагрузок и оборотов производится по вольт-насосной характеристике (см. рис. 2.15).

Впрыскиваемое количество топлива различается на основной, максимальный и предельный объемы.

Основной (базовый) впрыскиваемый объем.

Определяется в соответствии с нагрузкой и оборотами двигателя и является базовым количеством топлива, записанным в память контроллера в форме матрицы топливоподачи. Соответствующими сигналами для обращения к матрице служат сигналы о величине открытия педали акселератора и числе оборотов двигателя (скорости двигателя).

Потенциометрический датчик положения педали акселератора преобразует величину углового положения педали, пропорционального нагрузке, в уровень электрического напряжения. Датчик расположен непосредственно на педали в салоне автомобиля.

Датчик числа оборотов индукционного типа и предназначен для идентификации положения поршней относительно ВМТ, его основное наименование – ВМТ-датчик. Импульсы идентификации используются одновременно для расчета частоты вращения (оборотов) коленчатого вала. Датчик расположен напротив зубчатого венца маховика.

В отдельных системах управления, в которых используются ТНВД высокого давления с радиальным типом плунжеров, например Toyota, скорость двигателя может определяться согласно частоте угловых импульсов, снимаемых с датчика положения ротора. Датчик положения ротора является датчиком Холла, его основное отличие и преимущество – независимость величины сигнала от частоты вращения коленвала.

Максимальный впрыскиваемый объем.

Представляет собой требуемый для фактического состояния двигателя объем впрыска топлива (максимальный инжекционный объем), базирующийся на сигналах, полученных от датчиков и предназначенный для определения величины поправки, добавляемой к основному базовому объему для текущего режима работы двигателя.

Величина поправки рассчитывается в зависимости от режима работы двигателя, нагрузки и состояния двигателя в зависимости от следующих параметров.

Предельный впрыскиваемый объем.

Представляет собой максимально-допустимый объем впрыскиваемого топлива, необходимый для обеспечения предельных режимов работы двигателя – холодный старт, максимальный крутящий момент, предельная мощность. Значения этого объема не зависят от базового.

Сигналы, предназначенные для корректировки базового объема топлива, имеют следующие характеристики:

- **Давление во впускном трубопроводе.** Используется для коррекции основного максимального впрыскиваемого объема в соответствии с давлением во впускном трубопроводе. Сигналом служит уровень напряжения, поступающий с датчика давления. Чем выше становится давление впускного канала или выше уровень сигнала, тем на большую величину корректируется впрыскиваемый объем топлива.

- **Температура воздуха на впуске.** Используется для исправления соотношения воздух-топливо, которое может изменяться в соответствии с разностью в плотности в зависимости от температуры воздуха на впуске. Сигналом служит уровень напряжения, поступающий с датчика температуры, установленного во впускном трубопроводе. Чем выше становится температура воздуха на впуске или ниже уровень сигнала, тем на меньшую величину корректируется впрыскиваемый объем топлива.
- **Температура двигателя.** Используется для значительного увеличения впрыскиваемого объема топлива при запуске двигателя из холодного состояния. Корректировка в сторону увеличения объема впрыска в соответствии с низкой температурой также производится в начале движения в целях гарантированного движения немедленно после запуска из холодного состояния. Сигналом служит уровень напряжения, поступающий с датчика температуры двигателя, установленного в рубашке охлаждения блока цилиндров. Чем ниже температура двигателя, которой соответствуют высокие уровни сигнала, тем на большую величину рассчитывается максимальный объем впрыска.
- **Расход воздуха.** Используется для уточнения величины нагрузки при переходе работы двигателя на режим полной нагрузки и ограничения подачи топлива для обеспечения прозрачности выхлопа. Если величина сигнала с датчика измерителя расхода воздуха ниже номинального значения для данной нагрузки и оборотов, то количество впрыскиваемого топлива уменьшается для ограничения дымности выхлопа.
- **Температура топлива.** Используется для исправления расхождения в инъекционном объеме, который создается благодаря разности в плотности топлива в соответствии с различной его температурой. Сигналом служит уровень напряжения, поступающий с датчика температуры топлива, установленного в корпусе ТНВД. Чем выше становится температура топлива или ниже уровень сигнала, тем на меньшую величину корректируется впрыскиваемый объем топлива. Корректировка количества впрыскиваемого топлива осуществляется модулем ТНВД при повышении температуры топлива свыше **80...90 °С**, при которой начинает ощущаться различие в плотности.

4.2.3. Управление раздельным впрыском топлива.

Раздельный впрыск применяется в отдельных моделях при запуске двигателя в условиях чрезвычайно низких минусовых температур для улучшения стабильности запуска, а также для приведения эмиссии белого дыма к нормальным условиям. Эмиссия дымности выхлопа позволяет за счет дополнительных мер по повышению температуры в зоне горения топлива обеспечить более полное его сгорание, что внешне наблюдается по почернению дыма на выхлопе. В отличие от обычной инъекции, которая происходит однажды в течение одного рабочего процесса, топливо вводится дважды двумя порциями различного объема в течение времени, соответствующего нормальной длительности впрыска. При раздельном впрыске сигнал управления состоит из двух фаз.

В момент начала впрыска сигнал управления обрывается, и открывается канал наполнения, в результате чего в начале впрыска поддержание необходимого высокого давления

впрыска топлива прерывается. Благодаря этому, в цилиндр впрыскивается и затем воспламеняется малый объем топлива. После воспламенения предварительной порции топлива в обмотку клапана управления наполнением поступает вторая фаза токового сигнала, и канал управления наполнением закрывается. Благодаря этому восстанавливается процесс нагнетания давления, и в цилиндр, в горящую смесь, впрыскивается необходимое основное количество топлива. Форма сигнала управления клапаном при отдельном впрыске приведена на рис. 4.3.

Как следует из диаграмм, прерывание впрыска за счет прекращения поддержания высокого давления клапаном управления наполнением происходит в начале набега кулачка кольца на ролики (см. рис. 2.3). Сигнал управления клапаном вырабатывается модулем ТНВД согласно угловому положению ротора, оцениваемому по количеству импульсов, поступающих с датчика положения ротора.

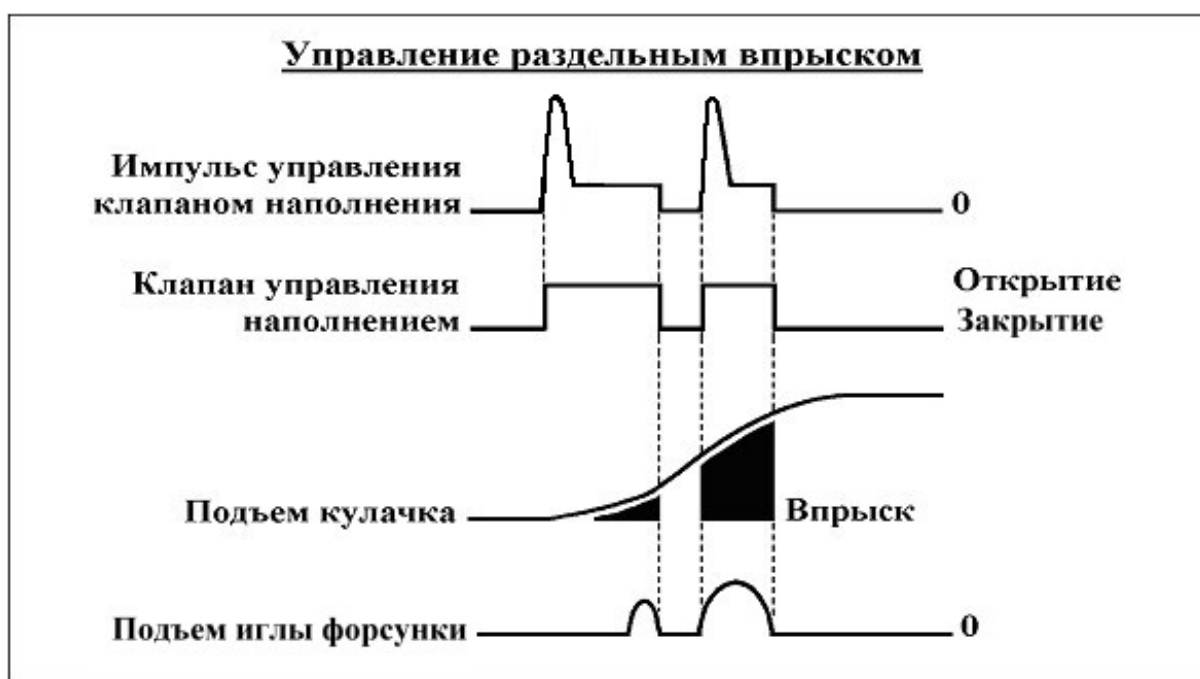


Рис. 4.3. Сигналы управления отдельным впрыском.

Клапан запирает топливный канал наполнения высоким уровнем сигнала управления и остается в рабочем положении для создания высокого давления открытия форсунки во время рабочего хода плунжеров. Начало впрыска топлива во время первой фазы происходит при малой высоте подъема иглы форсунки. В момент прерывания поддержания высокого давления форсунка запирается, и высота подъема иглы устанавливается на нулевом уровне. Для обеспечения протекания второй фазы впрыска клапан управления наполнением запирает топливный канал, благодаря поступлению второго высокого уровня управляющего импульса, и плунжеры обеспечивают восстановление высокого давления впрыска вследствие нахождения роликов на возрастающем профиле кулачка кулачкового кольца.

Примечание: На моделях двигателей с механической трансмиссией управление отдельным впрыском не распространяется на режимы, выполняемые во время движения на 1 передаче.

4.2.4. Управление моментом впрыска топлива.

Управление моментом впрыска топлива осуществляется электромагнитным клапаном опережения впрыска топлива по командам модуля, который, в свою очередь, значения момента получает от контроллера.

Контроллер оценивает величину нагрузки и рассчитывает частоту вращения коленвала, получая информацию от датчиков положения педали акселератора и ВМТ-датчика (оборотов), и определяет базовый (основной) момент впрыска топлива. Базовые значения момента впрыска топлива записаны в память контроллера в форме матрицы данных. Для расчета окончательного значения момента контроллер оценивает состояние двигателя – температурный режим и поступление воздуха и обеспечивает коррекцию базового момента впрыска для приведения его к оптимальным для текущего состояния двигателя условиям. Окончательное значение момента по шине CAN-BUS сообщается электронному модулю управления ТНВД.

Функциональная схема управления впрыском приведена на рис. 4.4.

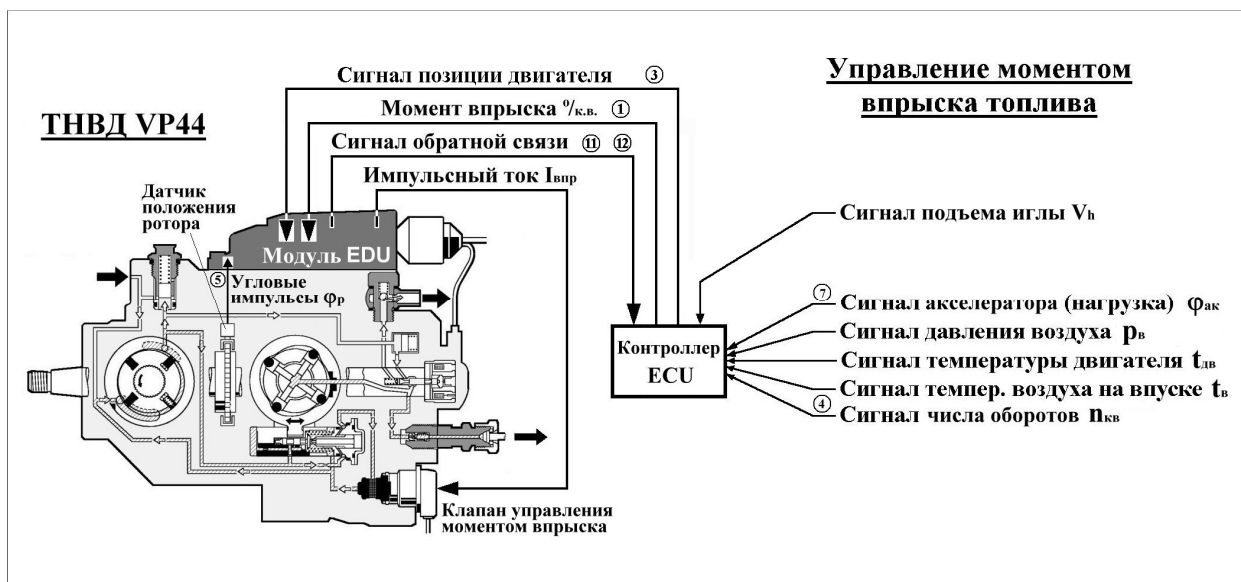


Рис. 4.4. Функциональная схема управления моментом впрыска топлива.

Электронный модуль рассчитывает среднюю силу импульсного тока управления клапаном $I_{впр}$ для привода в действие электромагнитного клапана управления моментом впрыска и модулирует для этого необходимую скважность импульсов. Скважность тока модулируется так, что импульсный ток обеспечивает открытие электромагнитным клапаном сливного канала на требуемую пропускную способность, в результате чего разворот кулачкового кольца происходит на расчетный угол.

При набегании роликов плунжеров на кулачки начало нагнетания высокого давления и впрыск топлива происходят в рассчитанные контроллером моменты. Действительный момент, при котором происходит впрыск топлива в цилиндры, фиксируется датчиком подъема иглы топливной форсунки. Сигнал подъема иглы V_n поступает с датчика на вход контроллера и служит в качестве сигнала обратной связи. Сигнал подъема используется для внесения контроллером поправок в значение окончательного момента впрыска, если фактический момент впрыска не совпадает с оптимальным расчетным. Приоритет отдается расчетному значению, которому приводится в соответствие фактический момент впрыска. В двигателях, в которых не применяется датчик подъема иглы, обратная связь осуществляется между модулем и контроллером по линии CAN-Bus.

Значения моментов впрыска во всем диапазоне нагрузок и оборотов сообщаются модулю EDU контроллером согласно базовой матрице моментов впрыска топлива (см. рис. 2.11). Модуль отслеживает положение ротора, при котором должен производиться впрыск топлива, и в обмотку клапана управления моментом впрыска (см. рис. 2.28) направляет импульсный ток управления соответствующей скважности.

Сигналы и функции контура управления моментом впрыска имеют следующие характеристики:

Функции контроллера.

Контроллер двигателя рассчитывает согласно величине нагрузки и оборотам основной момент впрыска топлива, к которому прибавляется величина коррекции. Величина поправки рассчитывается согласно поступлению сигналов от датчиков, регистрирующих состояние двигателя. С учетом поправок контроллер рассчитывает фактическое значение момента впрыска топлива, являющегося оптимальным для текущего состояния двигателя.

В случае отклонения действительного момента впрыска, фиксируемого датчиком хода иглы форсунки, от расчетного контроллер обеспечивает корректировку начала впрыска, чем достигается приведение действительного момента к расчетному.

Функции модуля.

Модуль обеспечивает выполнение управляющих команд, получаемых от контроллера. Значение момента впрыска, выраженного в градусах угла поворота коленвала, пересчитывается модулем в угловое положение ротора, при котором ролики ротора должны начинать обкатывание по возрастающему профилю кулачков кулачкового кольца.

Положение ротора рассчитывается модулем по количеству угловых импульсов, поступающих с датчика положения ротора. Модуль рассчитывает скважность импульсного тока управления клапаном опережения впрыска, соответственно которой клапан изменяет угловое положение кулачкового кольца относительно ротора.

Основной (базовый) момент впрыска топлива.

Основной момент начала впрыска топлива или угол опережения впрыска определяется в соответствии с нагрузкой, фиксируемой датчиком положения педали акселератора, и числом оборотов двигателя, рассчитываемым согласно частоте следования импульсов с ВМТ-датчика. При возрастании нагрузки угол опережения впрыска уменьшается (момент впрыска более поздний), при возрастании частоты вращения коленвала угол опережения впрыска увеличивается (угол опережения впрыска более ранний).

При старте холодного дизеля устанавливается начальный момент впрыска, при котором топливо впрыскивается в цилиндры практически в момент достижения поршнем ВМТ в окончании такта сжатия. Угол опережения впрыска топлива при этом составляет $0...0,5^\circ$.

Суммарное действие нагрузки и оборотов на момент впрыска топлива имеет сложную характеристику и отображается в форме матрицы базовых значений углов опережения впрыска, записанной в память контроллера.

Корректировка момента опережения впрыска топлива.

Базовый момент впрыска топлива корректируется с учетом состояния двигателя согласно уровню сигналов, поступающих с датчиков:

- **Сигнал давления наддува.** Сигнал предназначен для измерения величины давления воздуха на впуске и используется для корректировки основной составляющей момента впрыска топлива в соответствии с изменением давления. Сигнал представляет собой уровень напряжения с датчика давления, установленного во впускном трубопроводе. При уменьшении давления, что регистрируется уменьшением уровня напряжения сигнала, угол опережения впрыска топлива увеличивается. Пониженная величина наддува отмечается при эксплуатации автомобиля в высокогорных областях при высоте над уровнем моря свыше 1500 м. Давление наддува также понижается при уменьшении частоты вращения коленвала.
- **Сигнал температуры двигателя.** Температурное состояние двигателя учитывается для корректировки базовой составляющей момента впрыска топлива в соответствии с изменением температуры системы охлаждения. Сигналом служит уровень напряжения с датчика температуры охлаждающей жидкости. Угол опережения впрыска топлива уменьшается при понижении температуры двигателя, что регистрируется увеличением уровня напряжения сигнала, поступающего с датчика.
- **Сигнал температуры воздуха.** Температурное состояние воздуха учитывается для корректировки базовой составляющей момента впрыска ввиду изменения плотности воздуха. При повышении температуры воздуха его плотность уменьшается, что несколько снижает свойства сгорания горючей смеси. При повышении температуры воздуха, что регистрируется понижением напряжения сигнала, угол опережения впрыска увеличивается.

Стартовый момент впрыска топлива.

Стартовый момент впрыска топлива определяется в соответствии с пусковым сигналом, поступающим на один из входов контроллера с пусковой цепи <50>, сигналом температуры двигателя и числом оборотов двигателя. Установка начального момента впрыска топлива производится в момент поступления высокого уровня сигнала с пусковой цепи электрооборудования.

Угол опережения впрыска топлива начинает увеличиваться, когда дизель набирает обороты устойчивого воспламенения горючей смеси **400...600 мин⁻¹**. При запуске дизеля из холодного состояния, когда сопротивление трения движущихся частей высокое, угол опережения впрыска топлива уменьшается, если пуск выполняется при более высоких температурах, соответствующих теплomu и горячему двигателю, угол опережения впрыска несколько увеличивается.

4.2.5. Управление холостым ходом.

В целях управления оборотами на «малом» газе при работе двигателя без приложения внешней нагрузки контроллер двигателя поддерживает минимально-устойчивую частоту вращения коленчатого вала за счет изменения количества впрыскиваемого топли-

ва. Двигатель при этом должен быть прогрет до температуры горячего двигателя. Блок управления контролирует действительную частоту вращения, соответствующую температурным условиям и величине внутренней нагрузки, и изменяет подачу топлива при отклонении действительной частоты вращения от нормативного значения, записанного в память ЭБУ.

Требуемый объем топлива рассчитывается контроллером согласно величине сигналов от датчиков, регистрирующих состояние двигателя. Схема управления холостым ходом приведена на рис. 4.5.

Так как двигатель работает без приложенной внешней нагрузки, то контроллер должен распознать режим холостого хода. Распознавание режима осуществляется согласно поступлению на один из входов контроллера сигнала высокого уровня 5V с выключателя датчика положения педали акселератора.

Данная величина сигнала распознавания режима соответствует электрической схеме электрооборудования автомобиля Audi 2,5 TDI, на других автомобилях следует уточнить значение сигнала согласно схеме подключения выключателя датчика к контроллеру. Дополнительными сигналами распознавания режима являются сигнал температурного режима двигателя и числа оборотов.

Режим холостого хода может быть реализован на горячем двигателе при температуре рубашки охлаждения не ниже $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (уровень напряжения сигнала с датчика температуры двигателя не выше $1,0...1,4\text{ V}$) при частоте вращения холостого хода в пределах допуска, обычно $\pm 50\text{ мин}^{-1}$.

Частота следования импульсов с ВМТ-датчика служит для расчета оборотов двигателя и является одновременно контролируемым параметром данного режима. В случае увеличения частоты вращения коленчатого вала и превышения оборотов верхнего предела допуска контроллер уменьшает дозу впрыскиваемого топлива и сообщает новое значение модулю.

Если наоборот частота вращения снижается, то контроллер увеличивает дозу топлива. При изменении количества впрыскиваемого топлива происходит изменение давления газов на днище поршня на такте рабочий ход, благодаря чему изменяется скорость движения поршней и частота вращения коленвала.

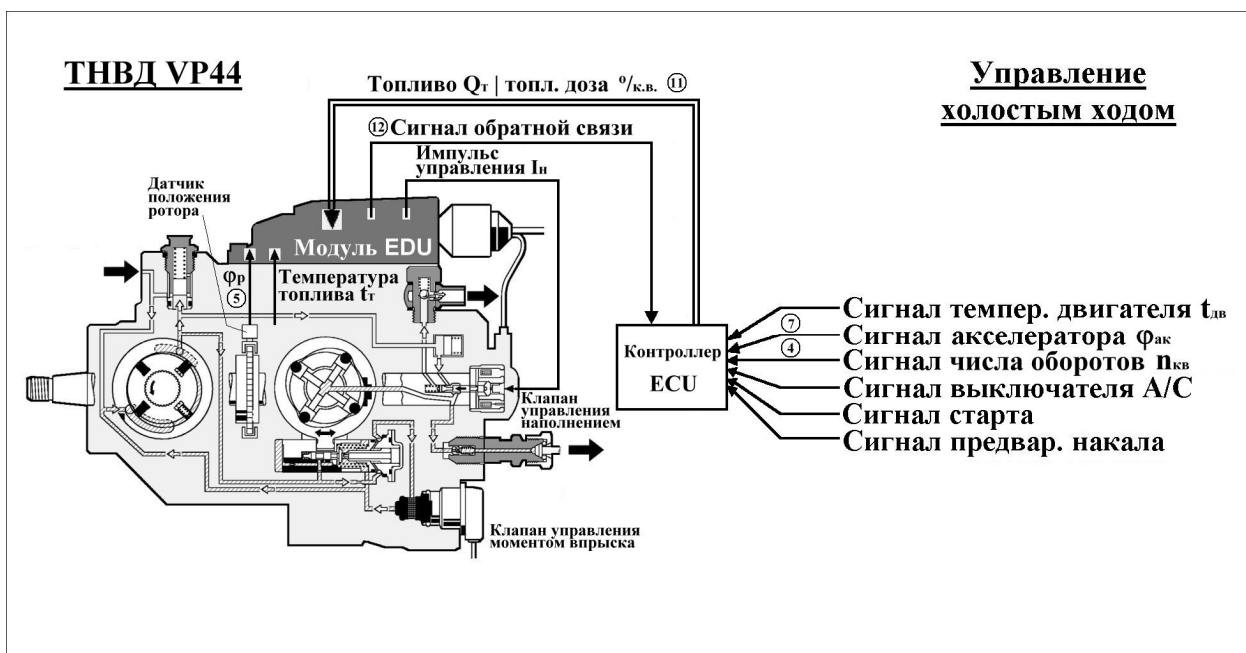


Рис. 4.5. Функциональная схема управления холостым ходом.

Управление впрыском расчетной дозы на холостом ходу обеспечивается аналогично управлению впрыском под нагрузкой.

При подключении внешней нагрузки частота вращения коленвала может упасть ниже критического значения, для предотвращения падения оборотов контроллер осуществляет увеличение впрыскиваемой дозы топлива согласно сигналам включения дополнительных потребителей мощности. Сигналы включения мощных потребителей энергии, как кондиционера А/С или автоматической трансмиссии, служат для резкого увеличения подачи топлива и, соответственно, частоты вращения коленчатого вала в целях компенсации потерь эффективной мощности из-за возможного падения оборотов, вызванного увеличением приложенной внешней нагрузки.

Сигнал температуры двигателя используется для обеспечения изменения количества впрыскиваемого топлива во время прогрева двигателя.

Сигнал предварительного накала служит для блокировки пуска двигателя в течение прогрева камер сгорания.

При включении впускного подогревателя (см. рис. 3.46) блок управления увеличивает объем впрыскиваемого топлива и увеличивает, таким образом, число оборотов на малом газе в течение работы подогревателя.

Сигнал температуры топлива используется для коррекции инжекционного объема. Коррекция выполняется модулем для исправления расхождения в инжекционном объеме, который создается благодаря разности в плотности топлива в соответствии с различной его температурой. Сигналом служит уровень напряжения, поступающий с датчика температуры топлива, установленного в корпусе ТНВД. Чем выше становится температура топлива или ниже уровень сигнала, тем на меньшую величину корректируется впрыскиваемый объем топлива. Коррекция производится при превышении температуры топлива свыше **80 °С**. Электронный модуль формирует, таким образом, окончательное количество впрыскиваемого топлива.

Функции контроллера:

- **Управление с обратной связью.** В течение холостого хода управление с обратной связью заключается в управлении объемом впрыскиваемого топлива с целью достижения оптимального числа оборотов на малом газе при наличии разности между рассчитанным контроллером количеством топлива и фактическим числом оборотов.
- **Управление прогревом двигателя.** Управление прогревом заключается в расчете контроллером объема впрыскиваемого топлива при температуре холодного двигателя и повышенной внутренней нагрузке с целью достижения оптимальных повышенных оборотов холостого хода в соответствии с температурным режимом. По мере прогрева двигателя и пропорционально величине сигнала температуры двигателя $t_{дв}$ контроллер уменьшает дозу впрыскиваемого топлива, в соответствии с которой обороты снижаются и достигают минимально-устойчивых оборотов в окончании прогрева.
- **Управление минимально-устойчивыми оборотами холостого хода.** При включении на холостом ходу дополнительных потребителей происходит возрастание нагрузки на двигатель, что может привести к падению оборотов холостого хода ниже минимально-устойчивых или к остановке двигателя. На холостом ходу потери эффективной мощности на привод дополнительного оборудования компенсируется повышением частоты вращения коленчатого вала. К потребите-

лям значительной мощности относится кондиционер, с которого на контроллер поступает сигнал о включении нагрузки во время работы двигателя на холостом ходу. Немедленно после того, как на контроллер поступает сигнал о включении кондиционера А/С, блок управления производит изменения в топливоподаче для компенсации изменений в нагрузке на двигатель. При включении дополнительной нагрузки в цилиндры начинает впрыскиваться увеличенный объем топлива в количестве, позволяющем повысить минимальные обороты холостого хода до величины, повышающей эффективную мощность на величину отбора мощности. При наличии в составе оборудования автомобиля кондиционера повышение оборотов должно составлять около 100 мин^{-1} . С момента включения дополнительного оборудования контроллер переходит на управление минимально-устойчивыми оборотами относительно новой величины. Непосредственно после того, как выключатель кондиционера воздуха включен или выключен (положения **ON** или **OFF**), изменяется приложенная на двигатель нагрузка, вызывая колебания частоты вращения при работе на «малом» газе.

Для предотвращения изменения частоты вращения коленчатого вала и поддержания ее в пределах допуска блок управления контролирует частоту вращения по частоте следования угловых импульсов с ВМТ-датчика (оборотов) и изменяет объем впрыскиваемого топлива. Изменение впрыскиваемого объема топлива происходит несколько ранее возможного выхода частоты вращения коленвала за пределы установленного допуска.

При снижении частоты вращения несколько увеличивается подача топлива, предотвращая тем самым падение оборотов до критического уровня, опасного остановкой дизеля. При повышении частоты вращения коленвала и подходе числа оборотов до верхнего допустимого предела объем впрыскиваемого топлива снижается.

Контролируемым сигналом частоты вращения коленвала является сигнал скорости двигателя, рассчитываемый по частоте следования импульсов с ВМТ-датчика. Управление минимальными оборотами холостого хода обеспечивается только на прогретом двигателе.

4.3. Функции управления вспомогательными системами.

4.3.1. Рециркуляция выхлопных газов EGR.

4.3.1.1. Управление рециркуляцией.

В управляемой системе EGR контроллер двигателя управляет вакуумным распределительным клапаном (линейным клапаном), называемым иначе преобразователем давления (см. рис. 3.9). Преобразователь давления по командам контроллера регулирует низкое давление, которым открывается клапан EGR, обеспечивающий возврат (рециркуляцию) обратно на впуск соответствующего необходимого количества выхлопных газов. Схема управления рециркуляцией с клапаном, установленным на впуске, приведена на рис. 4.6.

Первой отличительной особенностью приведенной схемы управления является применение клапана EGR специальной конструкции, встроенного во впускной трубопровод (см. рис. 3.14). В типовых схемах рециркуляции стандартный клапан встраивается в соединительный канал и размещается на выпускном трубопроводе как показано в левом нижнем углу рисунка. В схеме с расположением клапана на впуске обеспечивается более легкий температурный режим работы клапана за счет омывания его холодным впускным воздухом. Второй особенностью является использование в вакуумном канале

дополнительного управляемого атмосферного клапана VSV (Vacuum Solenoid Valve), обеспечивающего быстрое запираение клапана EGR (см. рис. 3.13). Применение атмосферного клапана не является обязательным.

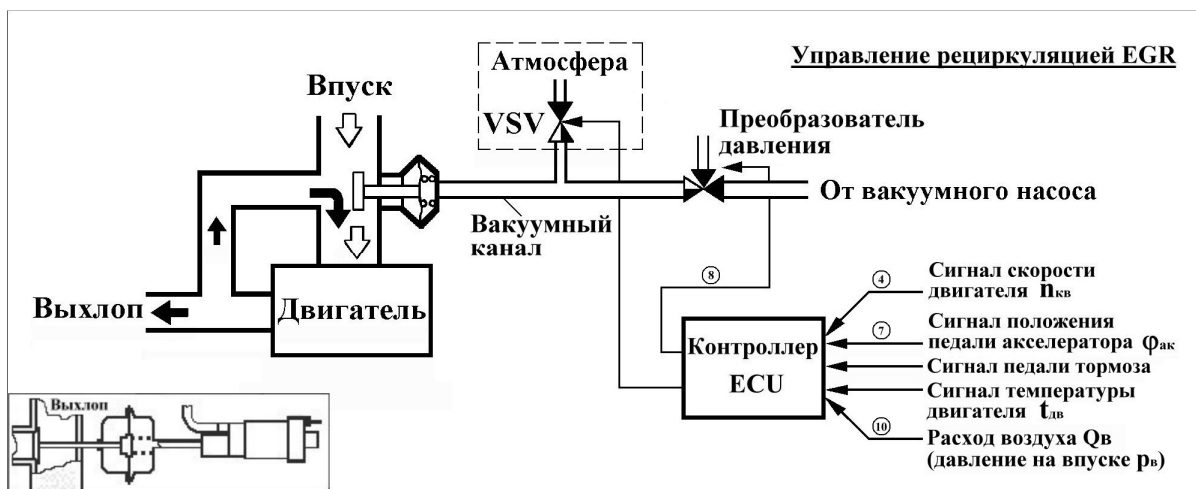


Рис. 4.6. Функциональная схема управления рециркуляцией выхлопных газов.

В-третьих, расход воздуха Q_v может не измеряться, а рассчитываться косвенным методом на основании величины сигнала давления воздуха на впуске p_v . Аналогичная схема управления рециркуляцией применяется на автомобилях Toyota с дизелями с высоким давлением впрыска топлива.

Теоретически минимальное количество выбросов окислов азота отмечается при количестве выхлопных газов в горючем заряде, составляющем **35%** в общем объеме смеси воздуха с выхлопными газами (см. рис. 3.6). При этом условии контроллер определяет общее количество воздуха Q_v , поступающего в цилиндры, и рассчитывает для него потребное количество топлива. Измеренное количество воздуха на определенных режимах работы двигателя, при которых отмечается интенсивное выделение окислов азота, должно быть смешано с частью выхлопных газов, для этого контроллер рассчитывает количество рециркулируемых газов. Расчет количества рециркулируемых газов выполняется косвенным методом по величине открытия клапана EGR. Для требуемого открытия клапана измеряется расход воздуха Q_v и пропорционально ему изменяется величина давления в вакуумном канале, соединенном с камерой разрежения клапана. Регулирование низкого открывающего давления в вакуумном канале обеспечивается прохождением через электрическую обмотку преобразователя давления импульсного тока переменной скважности. При скважности тока менее **5...10%** (средняя сила тока максимальная) преобразователь закрыт, а атмосферный клапан VSV открыт, в вакуумный канал через атмосферный клапан (см. рис. 3.13) сообщается высокое атмосферное давление, запирающее клапан EGR. При скважности тока **25...45%** преобразователь давления открыт, при этом по команде контроллера атмосферный клапан VSV запирается постоянным током (атмосферный канал закрыт). От вакуумного насоса через вакуумный канал разрежение передается клапану EGR, который открывается, обеспечивая поступление на впуск выхлопных газов.

Предельная величина скважности импульсного тока управления преобразователем, при которой клапан EGR максимально открыт, составляет **45%**. При увеличении оборотов и нагрузки скважность тока понижается.

Расчет количества рециркулируемых газов выполняется косвенным методом по величине открытия клапана EGR, чем изменяется объем рециркулируемых газов. Рециркуляция обеспечивается на прогревом двигателе, на холостом ходу или при движении на

частичных нагрузках, когда частота вращения коленвала не выше половины максимального числа оборотов. Например, для автомобиля Audi 2.5 TDI при работе двигателя на холостом ходу этим условиям отвечают следующие величины сигналов:

- напряжение сигнала температуры двигателя $t_{дв}$ не выше **1,0...1,4 V** при температуре двигателя более **80 °C**;
- сигнал положения педали акселератора $\square_{ак}$ поступает с выключателя датчика, его величина составляет **5 V** при отпущенной педали на холостом ходу;
- напряжение сигнала расхода воздуха Q_v находится в пределах **2,0...2,2 V**, что соответствует расходу воздуха на холостом ходу;
- число оборотов коленвала должно находиться в пределах минимально-устойчивых оборотов;
- скважность тока управления преобразователем давления $Q = 45\%$.

Рециркуляция прекращается, если двигатель работает на режиме, близком к полной нагрузке при напряжении сигнала нагрузки выше **4,5 V**, поступающем с потенциометра датчика, а также при возрастании оборотов коленвала выше **3000 мин⁻¹**.

Сигнал педали тормоза предназначен для запрета рециркуляции во время торможения автомобиля с целью приведения дымности выхлопе к норме.

Сигналы температуры двигателя $t_{дв}$ и величины нагрузки $\square_{ак}$ предназначены для корректировки расчетных значений скважности тока управления при изменении состояния двигателя.

Приведенная на рис. 4.6 функциональная схема управления рециркуляцией имеет отличия от описания типовой схемы, рассмотренной в гл. 3.2. В связи с изложенным имеется необходимость включения в настоящую главу описания устройства и принципа действия некоторых оригинальных деталей и узлов.

4.3.1.2. Последовательность управления рециркуляцией.

1. Базируясь на сигналы от датчиков, контроллер за счет изменения скважности регулирует среднюю силу импульсного электрического тока вакуумного распределительного клапана. Регулированием тока достигается необходимое соотношение между поперечными проходными сечениями вакуумного и атмосферного каналов.
2. Соотношение между проходными сечениями каналов, влияющее на увеличение или снижение управляемого давления вакуумного канала, определяется конструктивными особенностями распределительного клапана. Увеличение средней силы тока (снижение скважности) может вызывать открытие или закрытие клапана EGR в зависимости от конструктивного исполнения преобразователя.
3. Функционирование рециркуляции EGR прекращается при обязательных условиях, гарантирующих управляемость автомобиля и приведение дымности к нормальному уровню:
 - при низкой температуре двигателя, не соответствующей нормальному прогретому состоянию;
 - во время управления автомобилем управляется на максимальной нагрузке;
 - при приближении частоты вращения коленвала к величине, при которой двигатель начинает развивать максимальный крутящий момент;
 - в момент торможения (рециркуляция прекращается в момент поступления на вход контроллера сигнала с педали тормоза).

В момент прекращения рециркуляции открывается клапан VSV, и вакуумном канале устанавливается атмосферное давление, благодаря которому клапан EGR запирает соединительный трубопровод с выхлопными газами.

4. В течение прохождения потока рециркулируемых газов во впускной тракт происходит активация газоздушной смеси, на что реагирует измеритель расхода воздуха некоторым повышением выходного сигнала, учитываемым контроллером.

4.3.2. Подогрев воздуха.

Функция подогрева воздуха на впуске реализуется при пуске дизеля в холодных условиях. Схема управления подогревом воздуха приведена на рис. 4.7.

При повороте выключателя приборов и стартера в положение ON (Включено) на вход контроллера поступает сигнал напряжения высокого уровня V_n . Поступление этого сигнала контроллер распознает как подготовку к старту и переходит к контролю температуры двигателя по уровню сигнала $t_{дв}$ с датчика температуры двигателя.

Если температура охлаждающей жидкости двигателя ниже $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (напряжение сигнала $t_{дв}$ более, чем $2,5...2,8\text{ V}$), то контроллер формирует на выходе ток управления нагревателем $I_{ун}$, поступающий на обмотку управляющего реле. При срабатывании реле замыкаются его контакты, через которые с аккумуляторной батареи на нагревательный элемент поступает ток нагрева I_n .

Электрический нагреватель (см. рис. 3.46) обеспечивает подогрев воздуха при температуре двигателя до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, но в течение времени, не превышающем 90 с непрерывной работы. При достижении двигателем температуры теплового двигателя $40...45\text{ }^{\circ}\text{C}$ нагреватель отключается. Одновременно с включением подогревателя зажигается индикаторная лампа, которая гаснет через максимум 10 секунд или при достижении охлаждающей жидкостью указанного выше значения температуры.

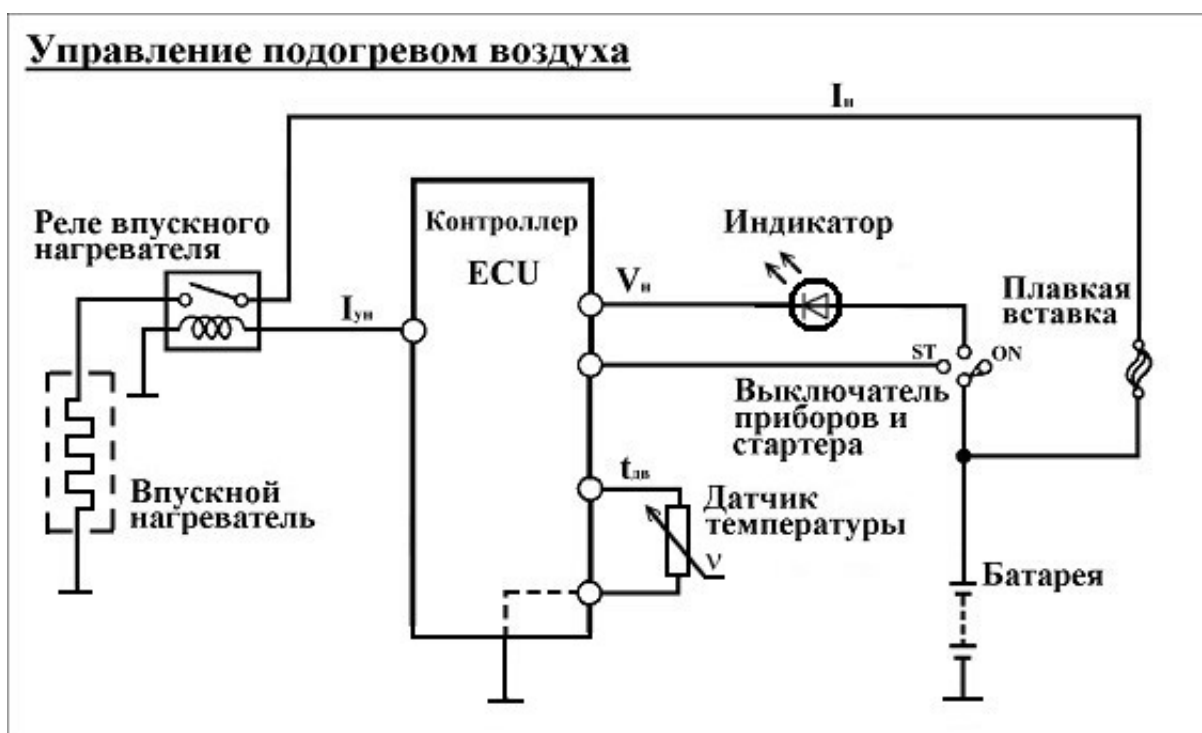


Рис. 4.7. Принципиальная схема управления подогрева воздуха на впуске.

4.3.3. Управление давлением наддува.

Давление наддува регулируется для максимального поступления воздуха в цилиндры и ограничения величины давления.

На двигателях, оснащенных турбокомпрессорами VTG с переменной геометрией лопаток (см. рис. 3.17), давление наддува (см. рис. 3.18) регулируется во всем диапазоне оборотов и поддерживается по возможности максимально высоким при работе на малых оборотах. Давление наддува регулируется изменением скорости вращения турбинного колеса турбокомпрессора. Скорость турбинного колеса изменяется поворотными лопатками, регулирующими скорость потока выхлопных газов, действующих на турбинное колесо.

На двигателях, оснащенных турбокомпрессорами с ограничителями давления наддува, величина давления наддува ограничивается (см. рис. 3.20) при развитии двигателем максимальной частоты вращения, когда высокое давление на впуске может представлять опасность двигателю. Ограничение давления обеспечивается за счет отвода части выхлопных газов через байпасный канал при открытии канала заслонкой разгрузочного клапана.

При различных схемах функция управления наддувом является общей, так как привод исполнительных устройств обеспечивается за счет изменения величины управляющего давления. Различие между обеими схемами заключается в конструкции исполнительных механизмов и, естественно, типом турбокомпрессора. В турбокомпрессорах VTG исполнительным устройством служит регулятор поворота лопаток, а в турбокомпрессорах типовой конструкции – разгрузочный клапан (см. рис. 3.19). При управлении наддувом учитываются условия эксплуатации автомобиля на высотах над уровнем моря свыше **1500 м**, когда начинает ощущаться изменение в плотности воздуха.

Функциональная схема управления ограничением наддува приведена на рис. 4.8.

Регулятор поворота лопаток (разгрузочный клапан) приводится в действие низким давлением в вакуумном канале, величина которого регулируется преобразователем давления. Механический вакуумный насос создает разрежение, передаваемое преобразователю. Преобразователь давления по команде контроллера, являющейся импульсным током с рассчитанной величиной скважности, преобразует разрежение в величину управляющего давления, которое по вакуумному каналу (трубке) сообщается в приводную камеру регулятора (клапана). При высоком управляющем давлении в камере лопатки разворачиваются на максимальный угол (заслонка открывает байпасный канал) и турбокомпрессор работает в режиме ограничения наддува (см. рис. 3.17). При низком управляющем давлении лопатки открыты на минимальный угол (байпасный канал закрыт), турбокомпрессор работает в основном режиме.

Преобразователь давления представляет собой электромагнитный перепускной соленоидный клапан с тремя каналами, один из которых атмосферный (см. рис. 3.19). Преобразователь управляется импульсным током управления I_y переменной скважности, поступающим непосредственно с контроллера.

Контроль величины давления наддува обеспечивается одновременно по сигналам с обоих датчиков давления, сигналу давления на впуске p_v , поступающему на контроллер с датчика турбонаддува, и сигналу атмосферного давления $p_{атм}$ с встроенного в контроллер датчика давления среды.

Оптимальные значения давления наддува в зависимости от нагрузки и оборотов для всех режимов работы двигателя записаны в память контроллера в форме матрицы данных (см. рис. 3.18). Распознавание режимов производится согласно уровню напряжения сигнала положения педали акселератора $\Phi_{ак}$, поступающему с потенциометра датчика, и частоте следования импульсов сигнала скорости $n_{кв}$ с ВМТ-датчика.

При эксплуатации автомобиля в гористых условиях контроллер дает команду на открытие преобразователя, в соответствии с которой заслонка разгрузочного клапана начинает открывать байпасный канал.

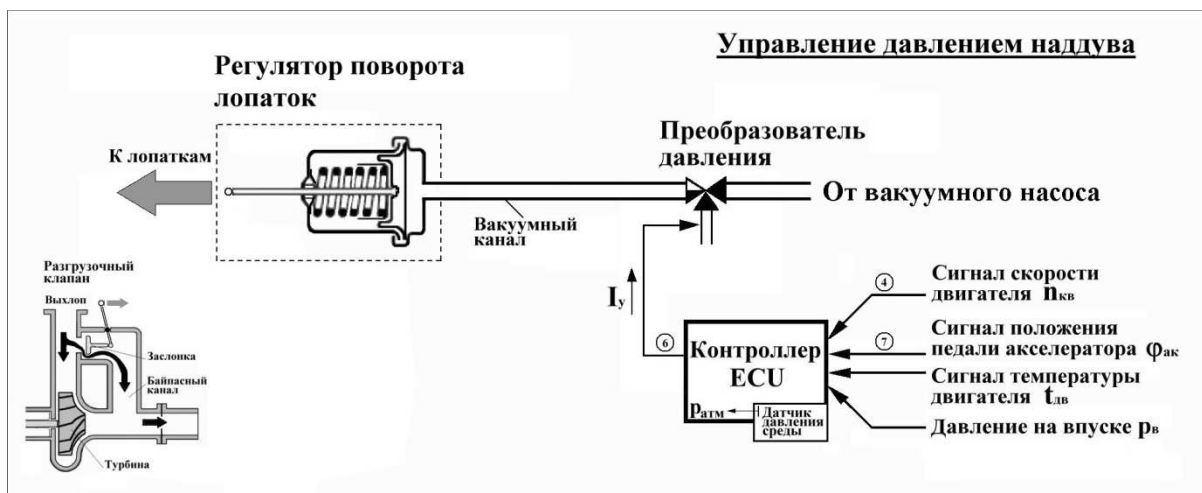


Рис. 4.8. Функциональная схема управления ограничением наддува.

В нормальных условиях с контроллера на преобразователь давления поступает ток управления I_y , скважность которого более, чем **85%** (средняя сила тока минимальная). При этой скважности атмосферный канал преобразователя закрыт, и в камере разгрузочного клапана отмечается минимальное давление, создаваемое вакуумным насосом. За счет глубокого разрежения заслонка клапана запирает байпасный канал, и на турбинное колесо действует полный поток выхлопных газов. Величина давления наддува в этом случае определяется скоростью вращения компрессора, развиваемой газовым потоком выхлопа.

При приближении давления наддува к критическому значению (см. рис. 3.20), составляющему **2,5 кг/см²** при частоте вращения коленвала **4000 мин⁻¹**, напряжение сигнала $P_{в}$ начинает превышать значение **3,5 В**. Этот уровень напряжения контроллер распознает как критическое давление и дает команду на уменьшение скважности тока управления I_y . С увеличением средней силы тока соленоид преобразователя давления перемещается с исходного положения, открывая атмосферный канал. Величина скважности тока управления I_y определяется согласно режиму движения, то есть по величине нагрузки и скорости двигателя. В гористой местности учитываются показания обоих датчиков давления, величина скважности и критический уровень напряжения сигнала будут иметь другие значения.

4.3.4. Управление предпусковым подогревом и пуском.

Управляемый предпусковой подогрев предназначен для разогрева стенок камеры сгорания и обогрева ее объема для облегчения запуска дизеля. В качестве вспомогательного средства используется предварительный подогрев поступающего воздуха. Оба способа подогрева служат для улучшения испарения топлива и смесеобразования и обеспечивают, таким образом, надежное воспламенение топливовоздушной смеси. Во время запуска дизеля при низких температурах дополнительно используется подогрев топлива для предотвращения образования кристаллов парафина и выпадения их в осадок.

Предпусковой подогрев выполняется в камерах сгорания цилиндров. Разогрев камеры сгорания обеспечивается накаливаемыми свечами с электрическим нагревательным эле-

ментом, способным повысить температуру воздуха в камере до $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ за время, не превышающее 7 с [2,3].

Управление подогревом обеспечивается отдельным контуром, включающим электронное реле (блок) управления накаливаемыми свечами, накаливаемые свечи, внутренние электрические цепи контроллера, блокирующие устройства, предотвращающие попытки запуска холодного дизеля. Способы реализации подогрева могут отличаться в зависимости от модели двигателя, вида системы топливоподачи, уровня автоматизации процесса и применяемых устройств.

В качестве примера разогрева камер сгорания приводится один из способов, основанный на использовании нормальных свечей накаливания и применяемый в дизельных двигателях автомобилей BMW, VW, Audi и некоторых других. При применении свечей накаливания моментального разогрева все операции по контролю за временем работы свечей и устройств двигателя обеспечиваются за счёт программных средств ECU, вследствие чего схема управления разогревом значительно упрощается. Независимо от вида системы подогрева основные задачи решаются стандартными способами, которые определяются протеканием рабочего процесса дизельного двигателя.

Работа контура управления предварительным (предпусковым) подогревом протекает в три этапа, на каждом из которых происходит последовательное введение в действие исполнительных устройств:

- приведение в состояние готовности;
- предпусковой подогрев;
- завершение прогрева и пуск дизеля.

Приведение в состояние готовности.

Приведение контура в состояние готовности обеспечивается за счет прохождения токов и сигналов управления по электрическим цепям, обеспечивающим проверку цепей и включение исполнительных устройств.

Функциональная электрическая схема контура подогрева при положении элементов в состоянии полной готовности приведена на рис. 4.9. В состояние готовности контур управления подогревом становится автоматически после подачи напряжения питания на контроллер согласно программам управления.

После приведения выключателя приборов и стартера SA1 в положение «2» ток поступает в цепь питания электрооборудования <15>, и включается главное реле K1. Ток от аккумуляторной батареи <30> через включенные контакты главного реле поступает для питания на исполнительные устройства и электронные блоки (реле) системы управления. После поступления питания система самодиагностики обеспечивает проверку внутренних цепей контроллера и внешних электрических соединений на наличие неисправностей. При отсутствии неисправностей, влияющих на безопасность движения, на выводах контроллера устанавливаются рабочие уровни напряжения питания датчиков.

Если подготовка к запуску дизеля производится при очень низкой температуре окружающего воздуха, то при появлении напряжения питания включается подогреватель топлива, расположенный обычно в крышке топливного фильтра. Топливный подогреватель работает автономно и независимо от цепей управления двигателем. Подогреватель имеет электрический нагревательный спиральный элемент, ток которого управляется реле K4. При температуре воздуха ниже $2...7\text{ }^{\circ}\text{C}$ срабатывает встроенный в реле термoeлектрический выключатель, обеспечивая подогрев топлива.

При повышении температуры топлива до $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ термовыключатель автоматически размыкает цепь, и ток обогрева прерывается. Если температура топлива перед пуском выше $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, то контакты термовыключателя остаются постоянно разомкнутыми, и подогрев топлива не включается.

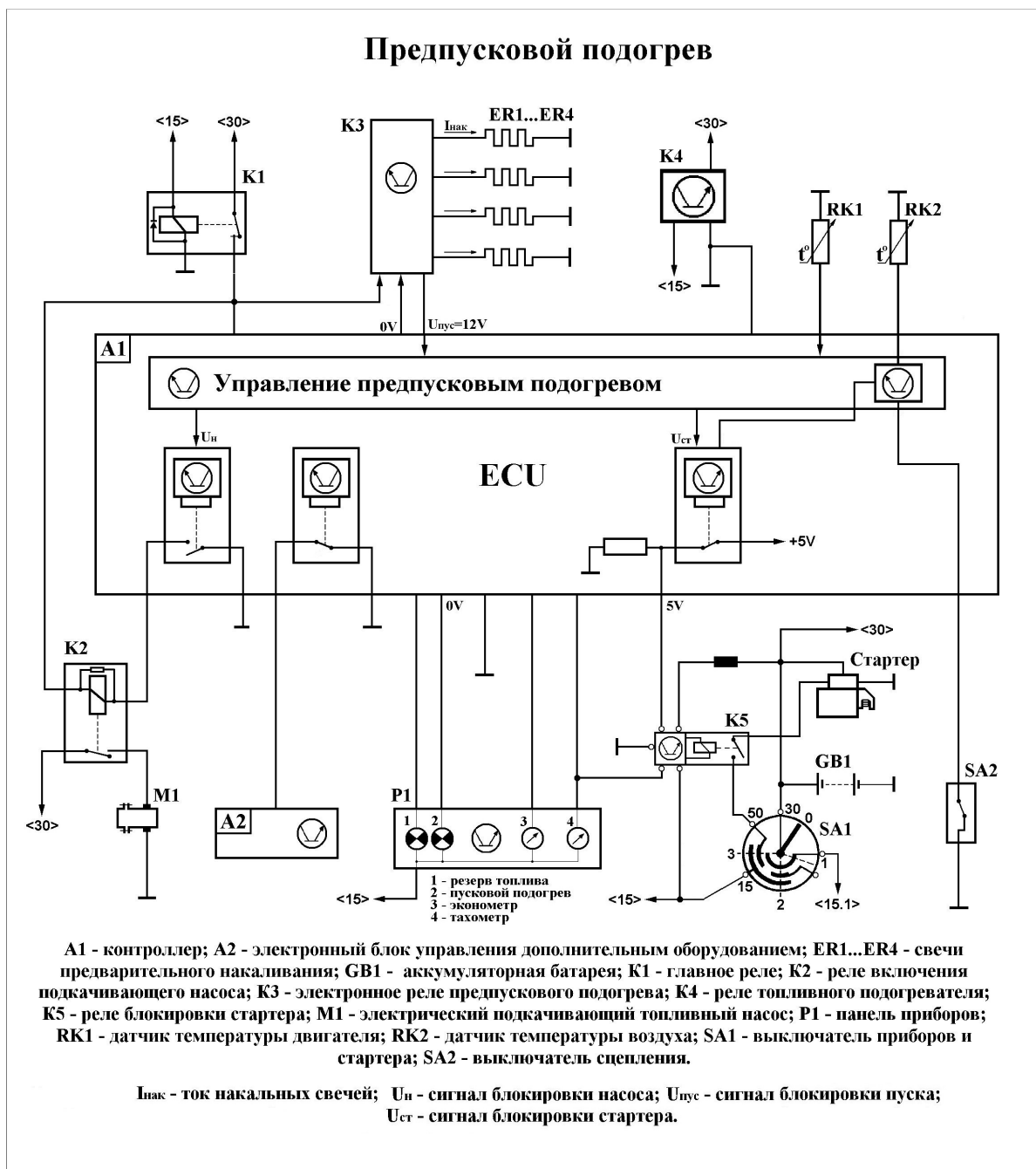


Рис. 4.9. Схема управления подогревом в рабочем положении элементов.

Предпусковой подогрев.

Контроллер А1 и электронное реле управления предпусковым подогревом К3 (см. рис.4.9) имеют два электрических соединения. В результате приведения контроллера в состояние готовности на одном из выводов, выводе «разрешения», устанавливается низкий уровень напряжения около **0V**, что означает обеспечение контроллером соединения электронного реле с общим проводом («массой») по внутренним электрическим цепям. Низкое напряжение «разрешения» **0V** поступает на вход электронного реле, и при наличии напряжения питания реле включается.

После включения реле на каждую свечу накаливания ER1...ER4 начинает поступать ток накала силой **60...80A** в зависимости от типа свечей. Ток обеспечивает разогрев нагревательных спиралей свечей. Одновременно на втором соединении с контроллером

реле формирует сигнал блокировки $U_{\text{пус}}$ напряжением 12V , который поступает на контур управления подогревом. Этот сигнал вырабатывается для обеспечения запрета, или блокировки, попыток запуска дизеля от стартера до завершения подогрева камер сгорания цилиндров.

В цепях управления подогревом контроллера вырабатываются два сигнала блокировки. Сигнал блокировки включения подкачивающего насоса $U_{\text{н}}$ обеспечивает рассоединение цепи питания электрической обмотки реле включения подкачивающего насоса $K2$ с общим проводом. Это положение условно изображено в виде разомкнутых контактов внутреннего электронного реле контроллера, изображенным первым по счету слева направо. При выключенном реле становится невозможной прокачка топлива из бака и питание топливом ТНВД.

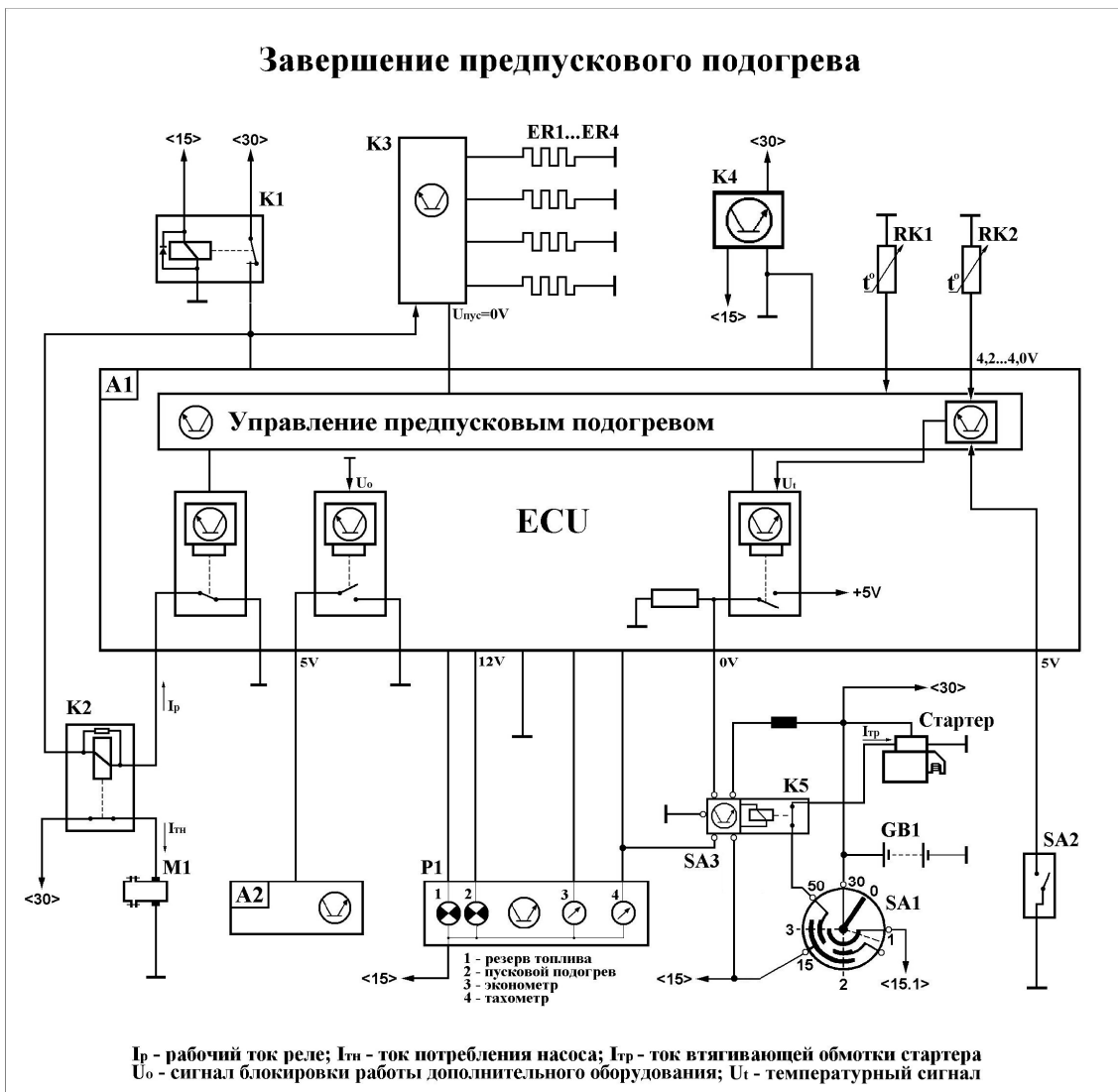


Рис. 4.10. Схема положения элементов после окончания прогрева и при запуске.

Сигнал блокировки стартера $U_{\text{ст}}$ обеспечивает формирование в цепях управления высокого уровня управляющего напряжения 5V , поступающего с контроллера в пусковую цепь на реле блокировки стартера $K5$. Это положение условно изображено в виде замкнутых контактов третьего внутреннего электронного реле контроллера. Управляющий сигнал 5V активирует реле блокировки стартера $K5$, и его контактная группа размыкается. При разомкнутых контактах тяговое реле стартера будет оставаться обесточенным

в случае попытки включения стартера и поступления электрического тока в пусковую цепь <50>.

Сигнал блокировки пуска $U_{\text{пус}}$ дополнительно обеспечивает работу цепи индикации, благодаря чему в течение прогрева постоянно горит лампа индикации прогрева.

Завершение прогрева.

Электронное реле предпускового подогрева стандартного исполнения имеет встроенный таймер, по времени своей работы синхронизированный с временем прогрева камеры сгорания. Время прогрева до температуры **700...800 °C** совпадает со временем нахождения таймера во включенном состоянии. По истечении времени работы таймера происходит перекоммутация электронных устройств реле предпускового подогрева КЗ, и на его выходе формируется низкий уровень напряжения около **0V**, заменяя сигнал блокировки $U_{\text{пус}}$.

При поступлении низкого напряжения в цепь управления подогревом контроллер обеспечивает разблокировку реле включения подкачивающего насоса К2 и реле блокировки стартера К5, лампа индикации прогрева гаснет. Положение элементов контура управления подогревом после завершения прогрева изображено на рис. 4.10.

В результате разблокировки реле подкачивающего насоса сопротивление внутренних цепей контроллера, соединяющих обмотку реле с общим проводом, становится низким, коммутируя рабочий ток I_p . Это положение условно изображено в виде замкнутых контактов первого на схеме внутреннего электронного реле. Контактная группа реле замыкается, и на электрический подкачивающий насос начинает поступать ток потребления $I_{\text{тн}}$. Включение насоса обеспечивает поступление топлива по магистралям из топливного бака к ТНВД.

Для разблокировки стартера внутренние цепи контроллера рассоединяются с источником питания **+5V**, и на реле блокировки К5 начинает поступать напряжение низкого уровня около **0V**. Это положение условно изображено в виде разомкнутых контактов третьего внутреннего реле. В результате разблокировки контакты реле замыкаются, что делает возможным поступление тока на тяговое реле стартера и пуск дизеля.

Пуск дизеля.

При пуске подвижный контакт выключателя приборов и стартера SA1 переводится в положение «3», и в пусковую цепь <50> начинает поступать ток с аккумуляторной батареи GB1.

Контроллер может распознавать начало пуска одним из двух способов:

- а) по поступлению на один из входов сигнала высокого уровня от пусковой цепи;
- б) по поступлению сигнала об отпущенной педали акселератора с датчика положения и сигнала начала вращения коленвала с датчика числа оборотов.

Контроллер оценивает состояние двигателя и условия пуска и принимает меры для облегчения пуска дизеля.

Работающий стартер потребляет максимально возможный ток, что вызывает падение напряжения в бортовой сети. Для предотвращения падения напряжения ниже критического уровня контроллер обеспечивает кратковременное отключение мощных потребителей электрической энергии, обозначенных как дополнительное оборудование. С начала старта формируется сигнал блокировки работы оборудования U_0 , благодаря которому происходит разъединение электронного блока управления оборудованием А2 с общим проводом. Это положение условно изображено в виде разомкнутых контактов

внутреннего электронного реле. В результате размыкания контактов на выводе контроллера, соединяемым с блоком управления дополнительным оборудованием, напряжение повышается до **5V**. Этот уровень напряжения во время работы стартера служит для отключения, например, компрессора кондиционера воздуха и любого другого мощного потребителя.

Для облегчения запуска при очень низких температурах, ниже **+2 °C**, в дизелях рекомендуется отключение механической трансмиссии, в которой при низких температурах отмечаются большие потери мощности на преодоление трения. При низкой температуре воздуха во время старта водитель обязан выжать педаль сцепления, что фиксируется контроллером по высокому уровню напряжения **5V**, образуемому в результате замыкания контактов выключателя SA2.

Если во время включения стартера с датчика температуры окружающего воздуха RK2 поступает сигнал высокого уровня **4,2...4,0 V** (температура ниже **+2 °C**), а с датчика педали сцепления сигнал низкого уровня **0V** (педаль сцепления не выжата, и контакты выключателя замкнуты), то контроллер выработает сигнал управления U_t , который, в свою очередь, вызовет формирование сигнала блокировки стартера напряжением **5V**. Запуск дизеля станет невозможным в результате срабатывания реле блокировки стартера K5.

4.3.5. Управление торможением двигателем.

Для обеспечения торможением двигателем применяется способ повышения противодавления в выпускном тракте устройствами торможения выхлопом. Эффект искусственного торможения применяется как дополнительная мера для повышения тормозного усилия. Функция управления торможением дизеля приведена для стандартной модели устройства (см. рис. 3.23).

Устройства торможения выхлопом управляются от контроллера посредством включения реле, обеспечивающего поступление в обмотку соленоидного приводного механизма тока достаточной силы. Функциональная схема управления выхлопом приведена на рис. 4.11.

Сигналом для привода в действие соленоидного устройства, обеспечивающего разворот заслонки в выпускном трубопроводе, является «Ввод торможения». Сигналом служит сила тока, поступающего с контроллера в обмотку привода. Сигнал ввода вырабатывается контроллером в момент нажатия водителем тормозной педали. В нормальном состоянии выключатель тормозной педали замыкает вход контроллера на общий провод.

В момент начала торможения выключатель размыкается, и на входе контроллера с выключателя педали тормоза формируется сигнал высокого уровня, распознаваемый как начало торможения. Торможение выхлопом выполняется при следующих условиях:

- при движении автомобиля под уклон или при движении накатом при отпущенной педали акселератора;
- на оборотах не выше **2000 мин⁻¹**, на которых обеспечивается защита двигателя против возможного чрезмерного повышения противодавления.

При этих условиях на вход контроллера должен поступать сигнал низкого уровня с выключателя холостого хода датчика положения педали акселератора и частота следования импульсов с датчика оборотов (ВМТ-датчика), соответствующая скорости двигателя менее **2000 мин⁻¹**.

Примечание: В зависимости от электрической схемы выключателя холостого хода сигнал положения педали может принимать высокий уровень напряжения.

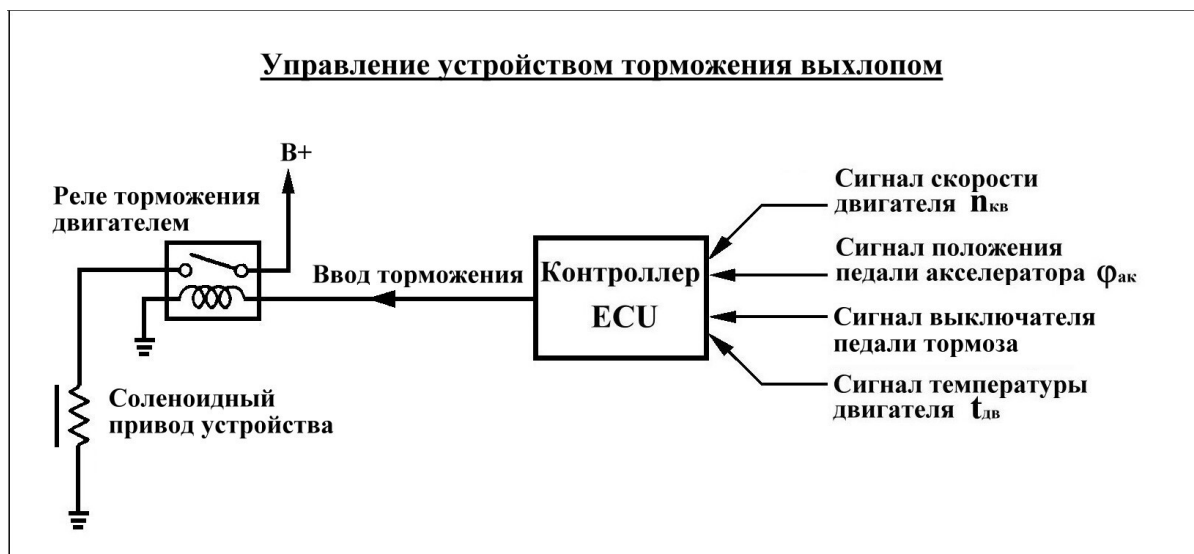


Рис. 4.11. Функциональная схема управления устройством торможения выхлопом.

Сигналом разрешения на торможение выхлопом является сигнал $t_{дв}$, который не должен превышать $1,0\text{ V}$, то есть искусственное торможение разрешается только на горячем двигателе.

4.3.6. Управление дистанционным акселератором.

Функция управления двигателем с помощью дистанционного акселератора позволяет изменять обороты холостого хода и обеспечивает переход на управление подачей топлива при отказе датчика положения основной педали акселератора. Соединение дистанционного акселератора с контроллером зависит от напряжения питания ТНВД VP44 и модификации устройства. Функциональная схема дистанционного акселератора приведена на рис. 4.12. Для схемы выбран вариант (см. рис. 3.34) с применением электронного датчика положения педали акселератора, при этом выбор вида датчика не влияет на принцип дистанционного управления.

Функционально дистанционный акселератор состоит из выключателя и регулятора нагрузки, изображенных в виде условных знаков. Выбор типа управления производится при помощи выключателя дистанционного акселератора, в зависимости от его положения контроллер рассчитывает подачу топлива либо по величине сигнала от датчика положения педали акселератора, или по сигналу нагрузки с дистанционного акселератора. Сигнал нагрузки формируется при помощи поворота рукоятки управления. Прохождение сигнала с датчика положения педали акселератора может осуществляться по одному из двух направлений. Согласно основному направлению сигнал с датчика педали акселератора поступает на контроллер через выключатель дистанционного акселератора. В более простых схемах сигнал поступает на один из входов контроллера непосредственно с датчика, направление прохождения сигнала в этом случае показано штриховой линией.

Напряжение питания $+5\text{V}$ начинает поступать на датчики после выполнения контроллером операций по диагностике состояния всех устройств. Если в одном из них обнаруживается неисправность, то считывание величины нагрузки осуществляется с исправного устройства.

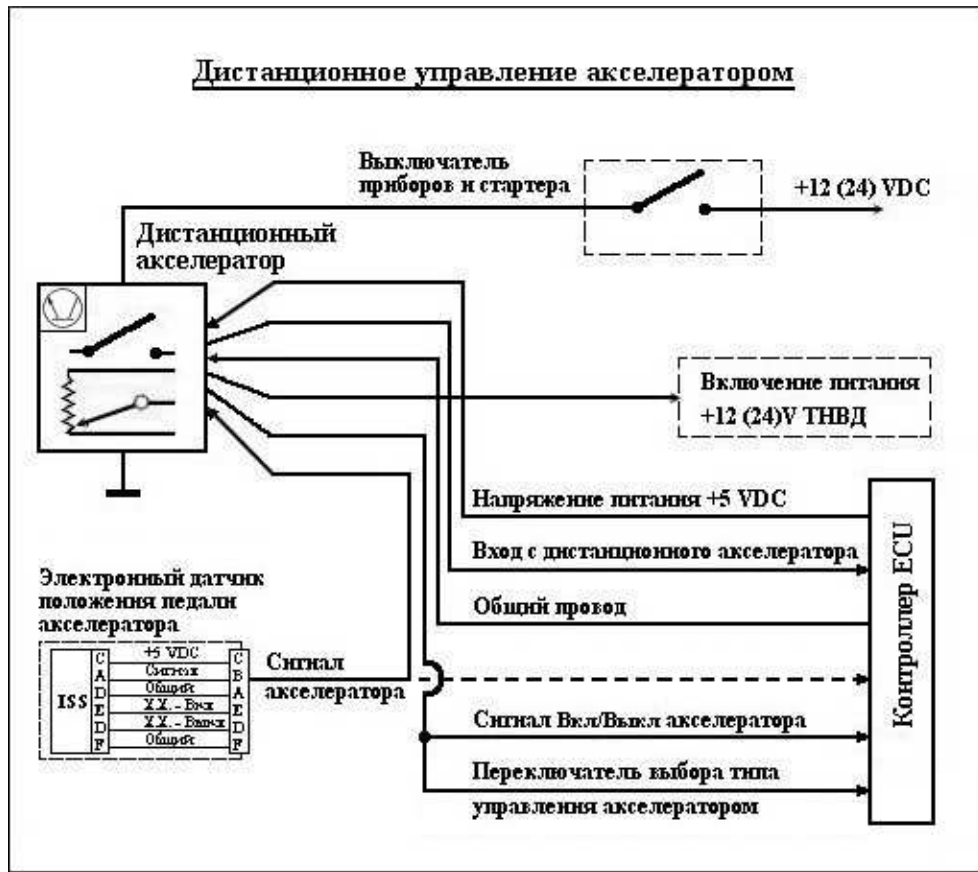


Рис. 4.12. Функциональная схема дистанционного управления акселератором.

В обычном режиме управления контакты выключателя разомкнуты, величина сигнала **Вкл/Выкл** представляет собой уровень высокого напряжения, в соответствии с которым считывание нагрузки осуществляется по сигналу с датчика положения педали акселератора. Этот режим работы распознаётся как режим **«Ожидание»**, в этом режиме мощность двигателя изменяется в зависимости от положения педали акселератора и независимо от позиции ручки управления дистанционного акселератора.

Для немедленного перевода двигателя из режима **"Ожидание"** в режим **«Дистанционное управление»** должна быть нажата красная кнопка **«IDLE»** в центре рукоятки управления (или включен выключатель акселератора). В этом режиме сигнал с датчика положения педали акселератора блокируется, и величина нагрузки может изменяться при помощи рукоятки акселератора. Контроллер непосредственно считывает величину нагрузки по входу с дистанционного акселератора (в схемах с отдельным выключателем сигнал, поступающий с датчика напрямую, контроллером не воспринимается).

После остановки двигателя управление автоматически переходит в режим **«Ожидание»**.

4.4. Канал передачи данных CAN-BUS.

4.4.1. Коммуникация сигналов в каналах BUS.

Для обеспечения прохождения информации по шине CAN-BUS необходимы следующие обязательные дополнительные условия:

- канал BUS+ и канал BUS- должны быть соединены параллельно ко всем модулям, между которыми обеспечивается передача информации;

- между каналами BUS+ и BUS- имеется смещение напряжения приблизительно 2.5 V;
- канал BUS+ и канал BUS- должны иметь, по крайней мере, один оконечный резистор.

Связь между модулями основана на дифференцировании (выделении составляющих) напряжения сигнала, предназначенного для передачи по соответствующему каналу. Дифференциация обеспечивается отдельными двумя элементами чипа связи приемником и источником тока. Эти устройства управляют током каналов. Источник тока подсоединен последовательно к каналу BUS+, приемник тока – к каналу BUS-.

Информация передается в форме цифровых сигналов, имеющих два различных битовых условия. Передаваемый сигнал может существовать, если его состояния определено низким "0" бита или высоким "1" бит уровнями. Пример формы передаваемого сообщения в виде электрических сигналов, проходящих по каналам, изображен на рис. 4.13.

Когда электрические цепи канала не разрешают, чтобы ток проходил по каналу, то канал находится в "1" состоянии. Это состояние означает, что канал не активен, и уровень напряжения канала высокий. В неактивном состоянии передача информации по каналу не осуществляется.

Если источник тока передает в канал BUS+ некоторое незначительное количество тока, то канал находится в "0" состоянии. Физически это означает, что канал активен, электрическое сопротивление между каналом и общим проводом ("массой") низкое и через него проходит электрический ток. Уровень напряжения канала, находящегося в "0" состоянии, низкий.

Передаваемые сообщения состоят из последовательности "0" и "1" сигналов. Сообщения вообще передаются каждые десять или большее количество миллисекунд. Сигналы на входе воспринимаются и преобразуются чипом связи, связанным в каждом модуле с микропроцессором, таким образом, полученные по шине CAN-BUS сообщения передаются центральному микропроцессору.



Рис. 4.13. Форма сигнала сообщения.

4.4.2. Передача информационных сообщений.

Связь в классической системе CAN обеспечивается последовательной передачей отдельных сообщений во времени. В системе CAN может наблюдаться максимальная нагрузка информационных каналов, когда передача нескольких сообщений должна происходить в то одно и то же время. CAN оснащена для этих случаев неразрушающим избирательным устройством, гарантирующим последовательную передачу всех сообщений согласно приоритету их идентификатора. Для жестких систем в реальном времени работа системы спланирована так, что во время передачи очередного сообщения производится проверка окончания прохождения последнего предыдущего сообщения. Такая последовательность обеспечивает равномерную загрузку информационных каналов.

Имеющаяся в составе CAN операционная система RTOS (Real-Time Operating Systems) работает в режиме реального времени. Для каждого сообщения или задачи выделяется, по крайней мере, один промежуток времени, для задач высокого приоритета выделяет-

ся более одного промежутка. Передача одного сообщения, включая прерывания, производится в течение выделенного промежутка времени и завершается перед началом следующего промежутка. RTOS считается прикладной системой, состоящей из контроллера, связанного с CAN сетью. Контроллер постоянно проверяет последние сроки передачи сообщений и обеспечивает синхронизацию работы всех входящих в систему узлов. Благодаря синхронизации любое сообщение передается в отведенное ему время вне конкуренции с другими сообщениями, а время ожидания становится предсказуемым.

Любое произвольное сообщение, получаемое или передаваемое, берется из соответствующей контрольной точки, эта точка постоянно читается контроллером до завершения успешной работы с сообщением. Автоматическая повторная передача сообщений, не предусмотренных расписанием, должна успешно прерываться. Такой способ работы с сообщениями возможен при наличии, по крайней мере, одного программируемого триггера событий TTCAN (Time Triggered Communication on CAN). Триггеры TTCAN полностью совместимы с узлами CAN на физическом и канальном уровнях и являются приемо-передатчиками информации. Аппаратная реализация также предлагает дополнительные функции для синхронизации между сетью TTCAN и внешними системами отсчета времени, а также синхронизация между TTCAN и несколькими сетями CAN, если они имеются на автомобиле. Скорость передачи информации в модулях и каналах CAN и приемо-передатчиках TTCAN в бит/с является постоянной и максимальной, что обеспечивает достоверность и быстроту обработки информации.

В порядке процесса стандартизации Bosch разработал модуль IP, который встраивается в электронное аппаратное обеспечение блока управления двигателем и обеспечивает информационную связь.

Глава 5

**Электрическая схема
электрооборудования**



5.1. Электрооборудование.

5.1.1. Общая характеристика электрооборудования системы управления

Системами управления VP44 оснащаются многие дизельные двигатели, при этом отличия в конфигурации систем двигателей различных производителей больше относятся к внешним дополнительным устройствам, общая схема управления и основные выполняемые функции при этом остаются практически без изменения.

Для анализа работы электрооборудования системы VP44 выбран дизельный двигатель Cummins ISB, устанавливаемый на автомобили Dodge и на котором впервые была применена рассматриваемая система.

Система управления двигателями Cummins ISB представляет собой конструктивную платформу, которая объединяет интеллектуальное электронное управление двигателем с системой впрыска топлива под высоким давлением, что обеспечивает высокие выходные характеристики. Двигатели Cummins ISB на сегодня считаются наиболее конкурентоспособными дизелями. Дизели ISB относятся к полностью электронным управляемым двигателям, 4-х клапанным, рядным 4-х или 6-ти цилиндровым с турбонаддувом.

Электронная система выполнена на новом современном уровне, обеспечивая поступление исчерпывающих потоков информации водителю, владельцу, технику сервисного обслуживания, диспетчеру перевозок – всем, нуждающимся в получении достоверной информации о состоянии и работоспособности двигателя ISB. Система совместима со всеобщими спутниковыми системами управления при дополнительном оснащении Cummins RoadRelay™ ISB.

Стандартная характеристика электрооборудования:

- Встроенное электронное управление дизелем;
- Электронное управление впрыском;
- Синхронизированное управление;
- Высокое давление впрыска;
- Общая топливная система;
- Приоритет электронного управления;
- Передовая диагностика;
- Полный набор программирования дополнительных устройств.

5.1.2. Электрические цепи

Электрические цепи электрооборудования системы управления дизелем VP44 относятся к стандартным 12-вольтовым распределительным цепям. Электрические провода имеют стандартную цветную кодировку и цифровое обозначение для каждого контура. Цепи, предназначенные для прохождения сигналов с индукционных датчиков, спидометра, цифровые каналы передачи информации экранированы. Принципиальная электрическая схема электрооборудования ISB™ 23 Pin Wiring Diagram системы управления VP44 автомобиля Dodge Cummins VP44 приведена в приложении 2. Размещение электрической проводки, датчиков и исполнительных устройств на автомобиле устанавливается изготовителем. Пример размещения устройств двигателя, входящих в электрооборудование, показан на рис. 5.1.

Электромагнитные или электронные реле, входящие в электрооборудование, размещаются обычно на отдельной плате с обеспечением доступа для обслуживания.

В приведенной схеме могут отсутствовать некоторые датчики или исполнительные устройства, которые используются в автомобилях других производителей. Например, в оснащение автомобилей Dodge Cummins не входит система рециркуляции выхлопных газов EGR, но включены дистанционный акселератор, устройство торможения выхлопом, электрические цепи контроля наличия воды в топливе, электрические цепи для подсоединения адаптера и некоторые другие устройства.

Общий жгут проводов имеет присоединение к контроллеру через два электрических разъёма, что отличает автомобили американского производства от европейских.

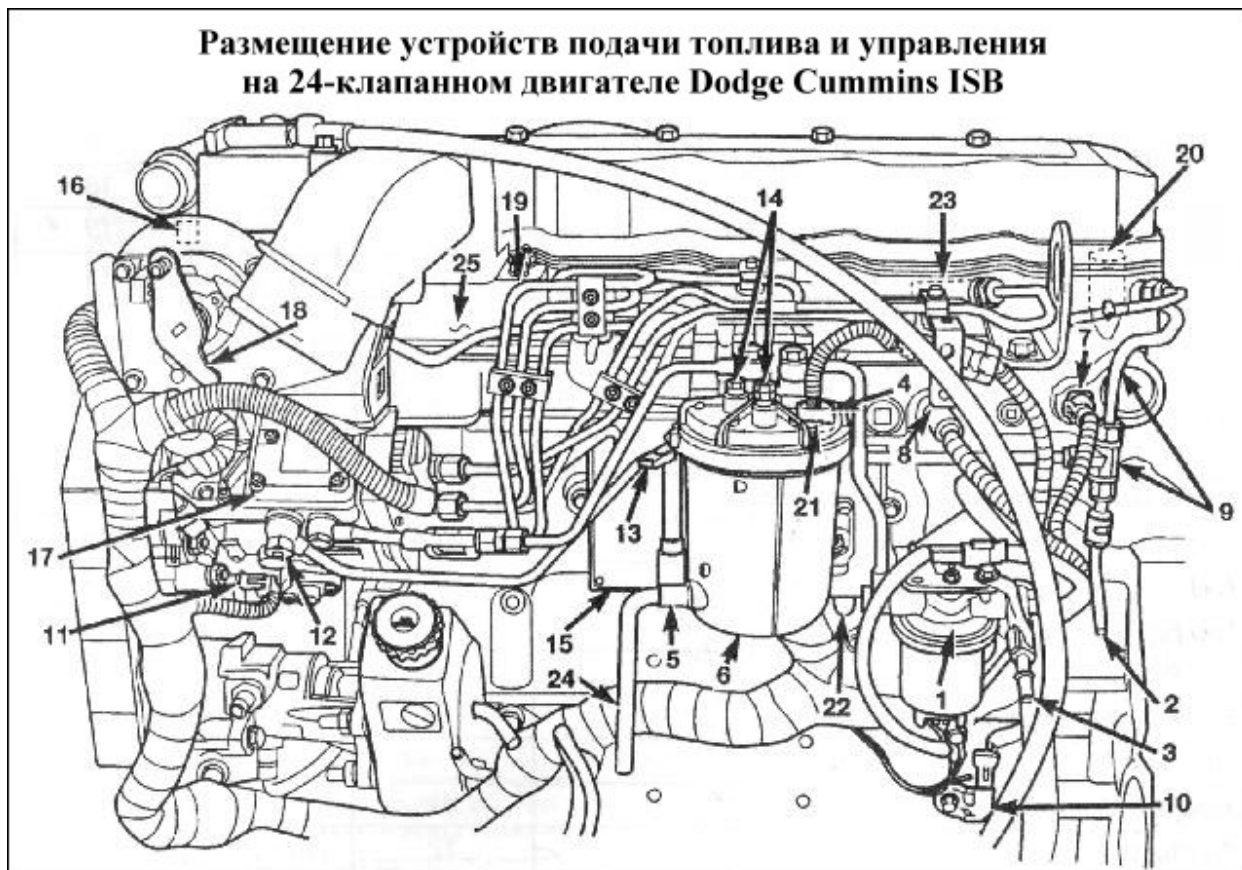


Рис. 5.1. Размещение устройств электрооборудования на двигателе.

1. Топливоподающий насос.
2. Сливная магистраль (возврат топлива в бак).
3. Топливная магистраль низкого давления (питание двигателя топливом).
4. Подогреватель топлива.
5. Датчик наличия воды в топливе WIF (Water-in-Fuel).
6. Топливный фильтр/сепаратор воды.
7. Датчик температуры воздуха на впуске IAT (Intake Air Sensor).
8. Датчик давления воздуха на впуске MAP (Mass Air Pressure).
9. Топливный дренажный коллектор.
10. Датчик положения коленвала СКР (Crankshaft Position Sensor) или датчик числа оборотов.
11. Датчик положения распредвала CMP (Camshaft Position Sensor) или датчик опорного сигнала.
12. Клапан перетока ТНВД.
13. Дренажный клапан.
14. Топливный порт к датчику давления топлива.

15. Блок управления двигателем ECU (Electronic Control Unit).
16. Датчик температуры двигателя ECT (Engine Coolant Temperature) или CTS.
17. Топливный насос высокого давления ТНВД VP44.
18. Рычаг педали акселератора с датчиком положения TPS (Throttle Position Sensor).
19. Топливная магистраль высокого давления.
20. Топливная форсунка.
21. Датчик топливного подогревателя.
22. Датчик давления масла.
23. Соединительный топливный штуцер.
24. Дренажная трубка.
25. Нагревательный элемент подогревателя воздуха на впуске.

5.1.3. Рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту.

Неисправности, возникающие в цепях электрооборудования, обнаруживаются программными средствами системы диагностики и диагностированием цепей управления опытными диагностами. При наличии различных типов неисправностей их возникновение вызывается достаточно ограниченными причинами. Наиболее общими из них могут быть:

1. Короткое замыкание в отдельных проводах и электрических жгутах на общий провод, на провод питания или короткое замыкание между параллельными проводами. Короткое замыкание может возникать между трущимися или свисающими проводами, что приводит к износу и разрушению электрической изоляции проводов.
2. Ослабление контакта проводов на соединительных клеммах. Ослабление контактов может происходить из-за постоянной вибрации элементов конструкции автомобиля, на которых размещены клеммы, электрические провода и жгуты. В результате ослабления электрического соединения возникает электрический разряд и прохождение тока в газовом промежутке (искрение). Ослабленный контакт вызывает нарушение токового режима в электрических цепях, а при длительном искрении перегревается и выгорает, что нарушает целостность электрической цепи.
3. Коррозия контактов в электрических разъемах и клемм. Коррозия является достаточно серьезной проблемой электронных устройств и блоков, работающих в широкополосном тракте пропускания частот. Коррозия вызывает нарушение электрической проводимости, для её профилактики должны использоваться токопроводящие антикоррозионные герметики, типа Graffo 116. Для наружной защиты открытых электрических соединений применяется диэлектрическая консистентная смазка, которой покрываются открытые не защищенные растровые точки, выключатели и соединения с общим проводом (массой).
4. Изменение сопротивления электрических цепей. Изменение сопротивления цепей или нарушение электрической проводимости вызывается коррозией контактов или непрофессиональным сращиванием проводов при ремонте и обслуживании. Изменение проводимости цепей приводит к увеличению сопротивления, а в отдельных случаях к повышенному тепловыделению в местах дефекта.
5. Перегрузка электрических цепей. Перегрузка может вызываться короткими замыканиями или установкой дополнительных электрических элементов, не предусмотренных основной электрической схемой. На перегрузку обычно указыва-

ет перегорание плавких предохранителей, защищающих цепи от токовых перегрузок.

6. Длительная работа с неустранимыми неисправностями, выявленными системой диагностики. Обычно любой дефект приводит к нарушению нормальной работы механических устройств двигателя, что оказывает влияние на изменение электрических режимов в управляющих цепях. Возрастание механических нагрузок и электрических параметров цепей управления может привести к эффекту цепной реакции, когда выход из строя одного устройства приводит к искажению работы смежных устройств. В этой связи выявление и устранение одной неисправности обеспечивает предотвращение отказов других устройств, связанных общей цепью управления.

5.2. Принципиальная схема электрооборудования.

5.2.1. Электронные блоки и модули.

Управление двигателем осуществляется посредством двух электронных блоков (модулей), которыми являются:

- электронный блок управления двигателем - ECU;
- электронный модуль управления ТНВД VP44 – EDU;

Примечание: Если автомобиль оснащается автоматической коробкой перемены передач (АКПП), то в систему управления дополнительно добавляется электронный модуль управления мощностью РСМ (Powertrain Control Module).

Между водителем, управляющим автомобилем при помощи педали акселератора, и топливным насосом ТНВД VP44, обеспечивающим впрыск топлива, отсутствует прямая связь – на педали акселератора размещается только датчик положения, с которого на блок ECU поступает электрический сигнал, пропорциональный угловому положению педали. Блок ECU распознает величину сигнала как значение нагрузки и рассчитывает для неё необходимое количество впрыскиваемого топлива с учётом частоты вращения двигателя. Программа расчёта топлива может корректироваться в запрограммированном режиме, что позволяет блоку EDU приспосабливаться к изменению условий эксплуатации двигателя.

Рассчитав потребное количество топлива, ECU обеспечивает через двухпроводную шину CAN заказ EDU на выполнение впрыска. Модуль EDU определяет дозу впрыскиваемого топлива согласно углу поворота коленчатого вала, в течение которого должен выполняться впрыск, и рассчитывает момент опережения впрыска для значений на данный момент нагрузки, оборотов, температуры двигателя и других параметров.

Модуль РСМ в расчёте количества топлива не участвует, но обеспечивает управление автоматической коробкой, крутящим моментом, передаваемым на ведущие колёса, круиз-контролем и зарядкой аккумуляторной батареи.

5.2.2. Характерные особенности схемы электрооборудования.

В автомобилях Dodge имеются некоторые конструктивные отличия, связанные с конфигурацией системы управления, устройством и расположением датчиков. Соединение модуля EDU ТНВД VP44 с контроллером обеспечивается через электрический разъём,

отличающийся от разъёмов стандартного исполнения. Контроллер ECU (см. приложение №2) имеет два разъёма **A** и **B**, предназначенные для соединения с общей схемой электрооборудования. Через электрический разъём **A** к контроллеру подсоединяются элементы программного обеспечения Cummins, а через разъём **B** элементы изготовителя, являющиеся оригинальными частями автомобиля.

Датчик скорости двигателя используется по прямому назначению - генерации сигналов, предназначенных для расчета частоты вращения коленвала. Конструкция датчика, форма и длительность цикла прохождения сигнала отличаются от аналогичных параметров ВМТ-датчика автомобилей Audi. Идентификация положения поршней на автомобилях Dodge, в отличие от Audi, обеспечивается по положению поршня первого цилиндра, положение остальных поршней должно рассчитываться согласно порядку работы цилиндров.

Датчик скорости двигателя (датчик числа оборотов) определяет угловое положение коленчатого вала и вырабатывает угловые импульсы, необходимые для расчёта объёмных и временных параметров, например, количества топлива и длительности протекания процессов. Стандартная модель датчика – датчик Холла, расположенный напротив зубчатого диска (в некоторых моделях автомобилей используется зубчатый венец маховика). Зубчатый диск имеет 35 зубьев, равномерно расположенных по окружности, и один 36-й пропущенный зуб. Датчик Холла регистрирует каждый зуб и посылает импульсный сигнал прямоугольной формы на ECU. При прохождении напротив датчика пропущенного зуба формируется сигнал широкой формы и низкого напряжения, распознаваемый как нахождение поршня цилиндра #1 за 60° до ВМТ.

Принцип действия и назначение сигналов ВМТ-датчика, аналогичного датчику скорости и применяемого на автомобилях Audi, подробно описан в главе «Проверка конструктивных групп», раздел «Датчики и устройства».

Датчик позиции двигателя (положения распределительного вала) представляет собой датчик Холла, реагирующий на отверстие на обратной стороне привод распредвала. Датчик вырабатывает сигнал, проходящий один раз в течение времени выполнения полного рабочего процесса, то есть один раз за два оборота коленвала. Датчик вырабатывает сигнал при нахождении поршня цилиндра #1 за 60° до ВМТ в окончании такта сжатия. Сигнал положения распредвала предназначен для использования в диагностических целях, синхронизации расчётных процессов, но для управления подачей топлива не применяется.

В автомобилях Dodge выпуска 2002 г. датчик скорости двигателя удален, а его функции совмещены с датчиком позиции двигателя. Совмещенный датчик называется датчиком положения распредвала. Частота вращения двигателя, позиция коленчатого вала, идентификация положения поршня цилиндра #1, синхронизация информации являются производными от сигнала датчика положения распределительного вала. Вместо зубьев на тыльной стороне привода распредвала выполнены соответствующие вырезы, датчик Холла реагирует на каждый вырез, отсутствующий вырез используется для идентификации положения поршня первого цилиндра.

Датчик давления масла – стандартный датчик давления, сигнал которого используется для корректировки подачи топлива с целью повышения скорости двигателя на режиме максимального крутящего момента, а также для диагностики системы смазки.

Датчик давления воздуха во впускном трубопроводе регистрирует повышение давления на впуске. Сигнал с датчика, подтверждающий повышение давления до уровня критического, используется для синхронизации подачи топлива. Если давление, разви-

ваемое турбонагнетателем, превышает **1,4 бар (20 пси)**, то расход топлива уменьшается для защиты двигателя и поддержки низкого уровня эмиссии.

Примечание: Если в двигателе применяется электронный клапан ограничения наддува (wastegate), то сигнал датчика используется для приведения в действие клапана и отвода части выхлопа через байпасный канал.

Датчик температуры воздуха на впуске IAT (Intake Air Temperature) вырабатывает сигнал управления воздухоподогревателем впускного коллектора, в зависимости от величины сигнала осуществляется коррекция впрыска для обеспечения защиты двигателя. Если температура воздуха повышается выше критического значения, то обеспечивается снижение подачи топлива.

Датчик уровня хладагента (охлаждающей жидкости) предназначен для использования в диагностических целях.

Датчик положения педали акселератора может устанавливаться двух типов: стандартный или электронный. Оба датчика оснащаются выключателем холостого хода.

Датчик «Вода в топливе» представлен на схеме электрическим двухконтактным разъёмом. По типу разъёма можно судить о том, что в схеме электрооборудования используется простейший датчик резистивного типа. Сигнал с датчика поступает при достижении уровня воды в накопительной ёмкости топливного фильтра верхнего критического уровня.

Датчик скорости автомобиля – стандартный датчик индукционного типа. Сигнал с датчика предназначен для круиз-контроля.

Датчик температуры двигателя – стандартный полупроводниковый датчик с отрицательным NTC.

Реле торможения двигателем предназначено для приведения в действие устройства принудительного торможения выхлопом.

Реле включения VP44 является фактически главным реле и предназначено для питания ТНВД VP44 напряжением **12V**. Сигнал пуска на контакт С реле поступает с контроллера после выполнения диагностических операций. Если система диагностики не обнаруживает неисправностей, угрожающих двигателю, то контроллер обеспечивает поступление сигнала пуска. При запуске холодного дизеля поступление пускового сигнала блокируется до завершения прогрева камер сгорания. Сигнал начала прогрева поступает на контакт 5 контроллера после поворота выключателя приборов и стартера в положение «Предпусковой подогрев».

Дистанционный акселератор используется для установки оборотов ускоренного холостого хода или ручного управления подачей топлива в случае выхода из строя датчика положения акселератора.

Нагреватель воздуха на впуске состоит из двух нагревательных элементов. Нагреватели включаются последовательно в зависимости от температуры окружающего воздуха.

Муфта вентилятора используется для включения электродвигателя вентилятора и изменения его скорости во время прогрева двигателя, что ускоряет прогрев и обеспечивает защиту двигателя.

Подкачивающий насос предназначен для транспортировки топлива к ТНВД при наличии топливных магистралей большой протяженности. Насос обеспечивается питанием 12V контроллером после завершения пусковой диагностики и предпускового подогрева. В течение прогрева камер сгорания поступление напряжения питания блокируется.

Электрические разъёмы. Для диагностики автомобиля с помощью персонального компьютера схема электрооборудования содержит 6-ти, 8-ми и 9-ти контактные разъёмы для присоединения адаптеров различных типов. Различие в разъёмах обусловлено использованием автомобилей в различных странах Европы.

Примечание: Нагреватели воздуха, блокиратор акселератора и устройство торможения выхлопом условно показаны изображением, близким к изображению выключателя с разомкнутым состоянием контактов.

5.3. Управление на режимах работы двигателя.

Переход управления двигателем на эксплуатационные режимы осуществляется посредством команд, направляемых контроллером ECU с его выходов на исполнительные устройства. Команды рассчитываются микропроцессором на основании величин сигналов, поступающих с датчиков на входы контроллера. Характеристика каждого режима может быть дана, таким образом, по величине электрических параметров на контактах контроллера, датчиков и исполнительных механизмов. Прохождение электрических сигналов по электрическим цепям соответствует функциям управления, описанным в главе 4. Форма отдельных электрических сигналов приведена в виде осциллограмм в приложении 1.

Режимы работы двигателя рассматриваются в общем виде на примере схемы электрооборудования автомобиля Dodge Cummins. Диагностика режимов двигателя сводится к изучению изменения входных сигналов с датчиков и влияние их на формирование команд управления. Так как устройство систем управления в различных автомобилях имеет свои отличительные особенности, то приводимые ниже электрические режимы на контактах контроллера приводятся как средние величины и не могут в этом случае использоваться при ремонте и диагностике систем управления VP44 как обязательные.

5.3.1. Включение выключателя приборов и стартера.

При включении выключателя приборов и стартера ключ устанавливается в положение «Предпусковой подогрев», аналогичный положению «зажигание включено» бензиновых двигателей. С включением выключателя напряжение от клеммы аккумуляторной батареи В+ поступает через выключатель на вход контроллера А5. Выключатель диагностики выключен, при его разомкнутых контактах напряжение на входе В37 зависит от состояния внутренних электрических цепей контроллера. Обычно это высокий уровень напряжения. Таким образом, состояние входов контроллера, соответствующих включению выключателя приборов:

А: $U_{05} = U_{пит} = 12V$ (номинальное напряжение), **В:** $U_{37} = 5V$.

Положение выключателя приборов и стартера "Вкл", а положение выключателя диагностики "Выкл" определяется как приведение в готовность системы управления.

С включением приборов и при выключенном выключателе диагностики, ECU исполняет действия по оценке состояния двигателя или диагностику. На панели приборов ин-

дикаторные лампы диагностики (красная - **Stop** или остановка, желтая - предупреждение), лампа "**Вода в топливе**" примерно две секунды (**2 с**) одна за другой, что запрограммировано для последовательной проверки. Загорание ламп означает нормальное состояние системы и последовательное подключение к питанию. При загорании ламп на соответствующих входах разъёма В контроллера: 01, 03, 04, или 02 устанавливается низкий уровень напряжения $U \leq 0,6V$.

Если в системе присутствует активный дефект, то одна из ламп останется зажженной в течение короткого промежутка времени, после чего начнет периодически высвечиваться, фиксируя дефект как распознанный и неисправимый.

Если в системе отсутствуют неисправности, угрожающие безопасному движению или двигателю, то на контакте А43 - выходе управления ТНВД VP44 формируется напряжение **12V** (при применении реле с напряжением срабатывания **10V**). При этом напряжении контактная группа реле замыкается, и на ТНВД VP44 поступает напряжение питания.

На выходах А10 и В29 формируется напряжение питания датчиков **5V**. Напряжение на входах контроллера А34 и А23 зависит от величины измеряемой датчиками температуры. Например, перед стартом холодного двигателя при температуре не выше **+20 °C** величина сигналов должна составлять $U_{23} = \geq 4,3 V$ $U_{34} = 4,7...4,3 V$, если температура окружающего воздуха находится в пределах **0...20 °C**. Величина напряжения может изменяться также от настройки контроллера. Если на других автомобилях предусмотрено питание датчиков **3V**, то величина сигналов температурных датчиков будет соответственно ниже.

5.3.2. Режим пуска

При включении выключателя приборов и стартера в положение «Предпусковой подогрев» на контакт 05 разъёма А поступает сигнал **12VDC**, и контроллер включает приборную лампу предпускового накала. Одновременно с этой цепи сигнал поступает на электронное реле управления предпусковым подогревом (на схеме не показан). При наличии на выключателе приборов и стартера группы контактов предпускового подогрева и наличии электрической цепи управления лампой предпускового накала можно предположить, что в схеме электрооборудования принята управляемая схема подогрева камеры сгорания. При отсутствии у контроллера прямой электрической линии управления реле предпускового подогрева длительность включения лампы должна быть синхронизирована по времени с длительностью нагрева камеры сгорания свечами предварительного накала. Накальные свечи объединены в группы по две свечи в группе, между собой в группе свечи соединены перемычками. Возможная блокировка стартера, защищающая дизель от запуска до завершения прогрева, должна обеспечиваться от реле управления предпусковым подогревом.

Длительность прогрева не превышает **2...3 с**, после чего лампа предпускового накала гаснет, и дизель готов к старту. Готовность двигателя означает, что помимо исправности цепей электрооборудования и достижения прогретого состояния камер сгорания, становится возможным включение подкачивающего насоса, нагнетательная секция ТНВД наполнена топливом, а устройство опережения впрыска находится в положении, при котором обеспечивается минимальный начальный угол опережения впрыска топлива.

Режим старта распознается контроллером по следующим уровням сигналов с датчиков-регистраторов состояния двигателя:

$U_{26} = 0 V$ (разъём В) – педаль акселератора отпущена;

$U_{23} \geq 4,2 V$ (разъём А)- запуск холодный, температура двигателя ниже **20 °C**;

$U_{17} \approx 2...3 \text{ V}$ (разъём А) – на контроллер поступил первый угловой импульс с датчика оборотов, вызванный началом вращения коленвала от стартера.

С начала старта контроллер анализирует состояние двигателя по величине сигналов или уровню напряжения на контактах разъёма А:

U_{45} – величина давления, необходимая для расчёта количества воздуха;

U_{23} – значение температуры двигателя;

U_{34} – значение температуры воздуха.

Соответственно уровню сигналов и согласно программе управления пуском контроллером рассчитывается действительное пусковое количество топлива, и с контакта 06 (А) на модуль EDU ТНВД VP44 направляются импульсы управления соответствующей длительности.

Идентификация положения поршней производится контроллером по положению поршня первого цилиндра относительно ВМТ в окончании такта сжатия. Сигналами идентификации являются сигнал позиции двигателя, поступающий на контакт 09 контроллера, и угловые импульсы поворота коленвала, следующие с датчика скорости двигателя на контакт 08. Нахождение очередного поршня на такте сжатия рассчитывается по порядку работы цилиндров. Выработанный контроллером установочный сигнал позиции двигателя поступает на контакт 8 модуля управления ТНВД VP44.

Примечание: Датчики идентификации положения поршней в автомобилях других производителей, например Audi, могут иметь другое конструктивное исполнение и выходные сигналы.

При значении сигнала $U_{23} \geq 4,2 \text{ V}$ (температура двигателя ниже $20 \text{ }^\circ\text{C}$) обеспечивается подогрев поступающего в цилиндры воздуха, для чего на реле поддержки холодного старта с разъёма В контроллера поступает напряжение питания $U_{31} = U_{41} = 5 \text{ V}$.

5.3.3. Прогрев двигателя.

На режиме прогрева двигателя контроллер уменьшает количество впрыскиваемого топлива соответственно увеличению температуры двигателя. Режим обеспечивает прогрев двигателя в течение минимального времени.

Распознавание режима производится контроллером по следующим уровням сигналов с датчиков-регистраторов состояния двигателя:

$U_{26} = 0 \text{ V}$ (разъём В) – педаль акселератора отпущена;

$U_{23} \geq 4,2 \text{ V}$ (разъём А) – начало прогрева двигателя при температуре хладагента ниже $20 \text{ }^\circ\text{C}$;

$U_{23} \leq 2,5...2,8 \text{ V}$ (разъём А) для автомобилей Dodge – окончание прогрева при температуре выше $80 \text{ }^\circ\text{C}$;

частота следования импульсов с датчика скорости двигателя (или ВМТ-датчика) соответствует оборотам холостого хода.

Дополнительными сигналами распознавания являются уровни напряжений на контактах 27 и 33 разъёма В, которые должны иметь высокий уровень при разомкнутых контактах выключателей педалей сцепления и тормоза.

На режиме прогрева обеспечивается изменение количества впрыскиваемого топлива, регулирование момента впрыска топлива, контроль частоты вращения коленвала и запрет на приведение в действие вспомогательных систем.

По мере прогрева снижается уровень напряжения на контакте 23 (разъём А) контроллера, соответственно которому увеличивается скважность импульсов управления количеством впрыскиваемого топлива на контакте 5 модуля EDU. Расчётное базовое количе-

ство топлива рассчитывается исходя из оборотов двигателя и количества поступающего воздуха. Действительная доза топлива определяется с учётом состояния двигателя.

По мере прогрева и снижения внутренней нагрузки частота вращения коленвала несколько возрастает. При изменении оборотов сигнал с датчика давления воздуха $U_{45} = 0,3...1,2 \text{ V}$, соответственно чему скважность импульсов расчётного количества топлива возрастает до примерно **73%**. Угол опережения впрыском топлива возрастает при этом с **0,6** до **2** градусов.

При снижении уровня сигнала ниже $U_{23} \leq 2,8 \text{ V}$, что соответствует достижению температуры тёплого двигателя **40...45 °С**, контроллер отключает подогрев воздуха путём обесточивания реле поддержки холодного старта.

При достижении температуры прогретого двигателя включается вентилятор системы охлаждения за счёт подачи тока в обмотку электромагнитной муфты.

5.3.4. Холостой ход.

На холостом ходу при отпущенной педали акселератора система управления поддерживает минимально устойчивые обороты независимо от изменения внутренней или внешней нагрузки. Внешняя нагрузка создается за счёт включения дополнительного оборудования. Выключатель дополнительного оборудования находится во включенном положении, при этом блок управления обеспечивает управление изменением подачи топлива при наличии на входе 46 разъёма В сигнала «Вкл. дополнительного оборудования». Сигналы о включённом состоянии дополнительных потребителей мощности поступают на контроллер с 23-контактного разъёма ОЕМ.

После завершения прогрева двигателя частота вращения коленвала устанавливается на уровне, обеспечиваемом регулировкой дистанционного акселератора. При отсутствии в схеме электрооборудования Dodge устройств рециркуляции управление токсичностью выхлопа обеспечивается за счёт высокой точности при дозировании подачи топлива.

Распознавание режима производится контроллером по следующим уровням сигналов с датчиков-регистраторов состояния двигателя:

$U_{26} = 0 \text{ V}$ (разъём В) – сигнал подтверждения холостого хода при отпущенной педали акселератора;

частота следования импульсов на контакт 17 разъёма А с датчика скорости двигателя (или ВМТ-датчика) соответствует оборотам холостого хода, напряжение сигнала $U_{17} = 6...7 \text{ V}$;

$U_{23} \leq 2,5...2,8 \text{ V}$ (разъём А) для автомобилей Dodge – двигатель прогрет до температуры выше **80 °С**.

Дополнительными сигналами поддержания холостого хода являются высокие уровни напряжений на контактах 27 и 33 разъёма В, то есть выключатели педалей сцепления и тормоза разомкнуты.

К началу холостого хода прогрев камеры сгорания должен быть завершен.

Контроль холостого хода производится по частоте вращения коленвала и поступлению на входы контроллера сигналов, подтверждающих включение потребителей мощности. При изменении частоты вращения микропроцессор контроллера сравнивает действительную частоту вращения с эталонным значением, записанным в память. Значения эталонной частоты вращения двигателя могут изменяться в зависимости от настройки дистанционного акселератора или уровня напряжения на контакте 9 разъёма В, а также от суммарной мощности включенного дополнительного оборудования.

В случае возрастания частоты вращения коленвала и выходе оборотов за верхний предел допуска при снижении нагрузки контроллер увеличивает скважность импульсов управления подачей топлива. Увеличение скважности соответствует уменьшению дли-

тельности импульса и снижению количества впрыскиваемого топлива. Топливоподача уменьшается до соответствия действительных оборотов коленвала эталонной частоте вращения.

В случае снижения частоты вращения вследствие возрастания нагрузки и выходе оборотов за нижний предел допуска контроллер уменьшает скважность импульсов управления подачей топлива. Уменьшение скважности соответствует увеличению длительности импульса и увеличению подачи топлива. Топливоподача увеличивается до соответствия действительных оборотов коленвала эталонной частоте вращения.

Если на холостом ходу возрастает температура двигателя или уровень напряжения на контакте U_{23} понижается, то контроллер уменьшает подачу топлива, сохраняя минимальную частоту вращения коленвала в пределах допуска.

5.3.5. Частичные нагрузки.

Переход на частичные нагрузки или начало движения происходит в результате нажатия водителем на педаль акселератора после включения передачи.

Распознавание режима производится контроллером по следующим уровням сигналов с датчиков-регистраторов состояния двигателя:

$U_{26} \leq 5 \text{ V}$, $U_{25} = 0 \text{ V}$ (разъём В) – для автомобилей Dodge сигнал подтверждения выключения холостого хода при нажатой педали акселератора;

$U_{30} = 0,3...4,5 \text{ V}$ (разъём В) – сигнал величины нагрузки, низкое значение сигнала соответствует малым нагрузкам;

частота следования импульсов на контакт 17 разъёма А с датчика скорости двигателя (или ВМТ-датчика) соответствует оборотам не менее 800 мин^{-1} , напряжение сигнала $U_{17} = 6...7 \text{ V}$ в зависимости от частоты вращения;

$U_{23} \leq 2,5...2,8 \text{ V}$ (разъём А) для автомобилей Dodge – двигатель прогрет до температуры выше $80 \text{ }^\circ\text{C}$, сигнал прогретого двигателя является сигналом для расчёта базового количества впрыскиваемого топлива.

На режиме частичных нагрузок обеспечиваются основные функции: регулирование количества впрыскиваемого топлива и момента впрыска по сигналам U_{30} - величина нагрузки и U_{17} – число оборотов двигателя. Фактическая доза топлива и момент впрыска рассчитываются исходя из состояния двигателя.

Контроллер рассчитывает необходимое количество впрыскиваемого топлива и момент впрыска. Значение величины впрыскиваемого топлива сообщается модулю EDU ТНВД VP44 по линии «Расчётное количество топлива», а момент впрыска сообщается по каналу CAN-Bus. Для обеспечения синхронизации впрыска модулю сообщается установочный сигнал положения двигателя. Установочный сигнал может различаться в зависимости от вида двигателя и производителя. В автомобилях Dodge сигнал положения вырабатывается датчиком скорости двигателя, сигнал которого синхронизируется с сигналом датчика позиции один раз в течение одного рабочего процесса, то есть один раз за два оборота коленвала.

Сигнал датчика температуры воздуха используется для коррекции подачи топлива, сигнал датчика в автомобилях Dodge изменяется в пределах $U_{34} = 4,8...3,6 \text{ V}$ в диапазоне изменения температуры $0...50 \text{ }^\circ\text{C}$ соответственно.

Устройства системы рециркуляции выхлопных газов в системе Dodge Cummins отсутствуют. При изменении величины нагрузки в пределах режима частичных нагрузок контроллером обеспечивается модулирование сигнала «Расчётное количество топлива».

5.3.6. Полные нагрузки.

Режим практически не отличается от режима частичных нагрузок. При переходе на полные нагрузки водитель нажимает педаль акселератора почти до упора.

Распознавание режима производится контроллером по следующим уровням сигналов с датчиков-регистраторов состояния двигателя:

$U_{26} \leq 5 \text{ V}$, $U_{25} = 0 \text{ V}$ (разъём В) – для автомобилей Dodge сигнал подтверждения выключения холостого хода при нажатой педали акселератора;

$U_{30} \geq 4,5 \text{ V}$ (разъём В) – сигнал величины полной нагрузки;

частота следования импульсов на контакт 17 разъёма А с датчика скорости двигателя (или ВМТ-датчика) соответствует оборотам выше средних оборотов коленвала 2100 мин^{-1} , напряжение сигнала $U_{17} = 6...7 \text{ V}$ в зависимости от частоты вращения;

$U_{23} \leq 2,5...2,8 \text{ V}$ (разъём А) для автомобилей Dodge – двигатель прогрет до температуры выше $80 \text{ }^\circ\text{C}$, сигнал прогретого двигателя является сигналом разрешения для движения на полных нагрузках.

В результате распознавания режима контроллер обеспечивает поступление в цилиндры максимального впрыскиваемого объема топлива, базирующегося на сигналах, полученных от датчиков нагрузки и оборотов.

5.3.7. Предельные режимы.

К предельным режимам относятся режимы, при которых двигатель развивает максимальную мощность или максимальный крутящий момент. Для достижения этих режимов водитель нажимает на педаль акселератора до упора.

Распознавание режима производится контроллером по следующим уровням сигналов с датчиков-регистраторов состояния двигателя:

$U_{26} \leq 5 \text{ V}$, $U_{25} = 0 \text{ V}$ (разъём В) – для автомобилей Dodge сигнал подтверждения выключения холостого хода при нажатой педали акселератора;

$U_{30} = 5 \text{ V}$ (разъём В) – сигнал величины максимальной нагрузки;

частота следования импульсов на контакт 17 разъёма А с датчика скорости двигателя (или ВМТ-датчика) соответствует оборотам выше средних оборотов коленвала 2100 мин^{-1} , напряжение сигнала $U_{17} = 6...7 \text{ V}$ в зависимости от частоты вращения. Максимальный крутящий момент достигается при среднем значении управляемых оборотов коленвала 2100 мин^{-1} ;

$U_{23} \leq 2,5...2,8 \text{ V}$ (разъём А) для автомобилей Dodge – двигатель прогрет до температуры выше $80 \text{ }^\circ\text{C}$, сигнал прогретого двигателя является сигналом для разрешения движения на предельных режимах.

В результате распознавания режима контроллер обеспечивает поступление в цилиндры предельного впрыскиваемого объема топлива, не зависящего от базового количества, используемого на частичных нагрузках.

При работе двигателя на предельных режимах повышается температура двигателя, а если двигателем развивается максимальная мощность, то давление наддува приближается к критическим значениям. Если на предельных режимах сигнал с датчика температуры понизится ниже $U_{23} = 1,9...1,8 \text{ V}$ (температура в рубашке охлаждения возрастет до $112 \text{ }^\circ\text{C}$), то контроллер ограничит количество впрыскиваемого топлива. Количество впрыскиваемого топлива также ограничивается в случае возрастания давления воздуха на впуске. Величина давления наддува контролируется по величине сигнала с датчика давления $U_{45} = 0,5...4,8 \text{ V}$ (разъём А), высоким уровням сигнала соответствует высокая величина давления.

5.3.8. Ускорение.

Перед выполнением ускорения состояние двигателя соответствует движению на устойчивых частичных нагрузках. При переходе на ускорение, благодаря резкому нажатию водителем на педаль акселератора, сигнал с датчика положения педали акселератора изменяется скачкообразно.

Распознавание режима производится контроллером по следующим уровням сигналов с датчиков-регистраторов состояния двигателя:

$U_{30} = 5 \text{ V}$ (разъём В) – скачок напряжения;

$U_{23} \leq 2.5...2,8 \text{ V}$ (разъём А) для автомобилей Dodge – двигатель прогрет до температуры выше $80 \text{ }^\circ\text{C}$, сигнал прогретого двигателя является сигналом для разрешения ускорения.

В результате распознавания режима контроллер обеспечивает кратковременное поступление в цилиндры предельного впрыскиваемого объема топлива, после чего подача топлива снижается до расчётного значения, определяемого новой величиной нагрузки и изменившимся числом оборотов.

5.3.9. Принудительный холостой ход.

В автомобилях Dodge Cummins применяется устройство принудительного торможения двигателя выхлопом. Для обеспечения торможения двигателем выключатель устройства должен быть включен. При переходе на торможение выхлопом водитель сбрасывает педаль акселератора и нажимает на педаль тормоза.

Распознавание режима производится контроллером по следующим уровням сигналов с датчиков-регистраторов состояния двигателя:

$U_{34} = 0 \text{ V}$ (разъём В) – выключатель торможения выхлопом включён;

$U_{26} = 0 \text{ V}$ (разъём В) – сигнал подтверждения холостого хода при отпущенной педали акселератора;

частота следования импульсов на контакт 17 разъёма А с датчика скорости двигателя соответствует оборотам, величина которых не превышает допустимую при торможении выхлопом ($n_{\text{кв}} \leq 2000 \text{ мин}^{-1}$), напряжение сигнала $U_{17} = 6...7 \text{ V}$;

$U_{33} = 0 \text{ V}$ (разъём В) – педаль тормоза нажата;

$U_{23} \leq 2.5...2,8 \text{ V}$ (разъём А) для автомобилей Dodge – двигатель прогрет до температуры выше $80 \text{ }^\circ\text{C}$, сигнал прогретого двигателя является сигналом для разрешения торможения.

В результате распознавания режима контроллер обеспечивает поступление напряжения питания 12 V реле устройства торможением с контакта 42 разъёма А.

При поступлении напряжения питания реле обеспечивает срабатывание устройства торможения выхлопом.

Глава 6



**Проверка
конструктивных
групп**

Знание принципа функционирования ТНВД с радиальным типом перемещения плунжеров способствует точному распознаванию дефектов при ограниченных технических возможностях диагностики. Наряду с приведенным выше описанием работы ТНВД, его отдельных устройств, схемы электрооборудования в данной главе рассматривается порядок проверки работоспособности исполнительных устройств на основании прохождения и обработки электрических сигналов. Описание отдельных технических операций, связанных с тестированием датчиков и исполнительных механизмов, приведено на примере автомобиля Audi 2.5 TDI [7].

Датчики, исполнительные устройства ТНВД, блок управления (контроллер) и электронный модуль управления насосом связаны между собой электрическими цепями цифровой системы управления. Электронный блок ECU и модуль ТНВД EDU осуществляют постоянную диагностику для большинства входных и выходных сигналов, проходящих по электрическим цепям. Блок управления сигнализирует об обнаруженных неисправностях загоранием ламп диагностики, расположенных на панели приборов. Код неисправности, высвечиваемый лампой диагностики, соответствует конструктивной группе, подлежащей проверке в обязательном порядке. Коды неисправностей системы управления VP44 приведены в приложении 3 на примере автомобиля Dodge Cummins с двигателем ISB.

6.1. Проблемы надежности систем управления с ТНВД BOSCH VP44.

По признанию разработчиков выпущенный на рынок насос VP44 оказался не столь надежным, как на это рассчитывали. На этапе проектирования предполагалось, что принципиально новый представитель топливной аппаратуры будет иметь более высокие эксплуатационные показатели, соответствующие высокому техническому уровню изделия нового поколения. Так как насос проектировался на перспективу и из расчета замены морально устаревшего топливного оборудования дизелей новым образцом, отвечающим жестким требованиям по эксплуатации, то сразу после выпуска автомобиля, оснащенные ТНВД VP44, были поставлены на учет. Всем уполномоченным дилерам сервиса, обеспечивающим эксплуатацию, обслуживание, демонтаж, было запрещено производить какие бы то ни было работы с насосами на местах, кроме демонтажа и отправки дефектных насосов на завод-изготовитель. Эта акция позволила высококвалифицированным специалистам Bosch и Cummins на месте получить достоверную и объективную информацию о причинах и факторах, благодаря которым не оправдались надежды на высокую работоспособности отдельных узлов и деталей насоса. На основании полученной информации были разработаны организационно-технические мероприятия по повышению надежности нового насоса и доведения технических показателей, по которым оценивается качество продукции, до уровня, отвечающим лучшим образцам продукции Bosch. Это был наилучший путь для того, чтобы, не снижая объема выпускаемой продукции, обеспечить высокие технико-экономические показатели насоса VP44, позволяющие оснащать этим типом топливного оборудования перспективные модели автомобилей.

В процессе разработки и модернизации в конструкции насоса были внедрены запатентованные разработки, что позволило не только сохранить высокий престиж разработчиков, но наряду с вложенными средствами на модернизацию и повышение качества насоса провести обучение сервисного персонала и выполнить информационно-разъясни-

тельной работу о необходимости перехода на системы управления двигателями нового поколения, что в конечном итоге привело к увеличению количество продаж ТНВД VP44.

Оценка работоспособности насоса VP44 и в конечном итоге выбор автомобиля должны производиться комплексно с учетом всех факторов, влияющих на эксплуатацию автомобиля, и в сравнении с другими, традиционными представителями топливной аппаратуры дизелей.

6.1.1. Влияние топлива на износостойкость насоса.

Проблемы с насосом VP44 вытекают из самых обычных проблем механической природы, которым подвержены в различной степени все топливные насосы высокого давления дизельных двигателей. Наиболее характерная и самая распространенная причина отказов насосов роторного и осевого типов заключается в недостаточности смазывания трущихся деталей. Недостаток смазочных свойств топлива возникает по двум причинам.

Во-первых, эта проблема может возникнуть в случае выработки топлива. При недостатке топлива во внутренних полостях ТНВД возможно образование воздушных пробок и, как следствие, "сухого" трения. При высоких механических нагрузках в насосе в зонах "сухого" трения повышается температура деталей, что всегда приводит к нарушениям поверхностной чистоты, интенсивному износу, а в особо тяжелых случаях к деформациям деталей и выходу из строя насоса. Воздух внутрь ТНВД может попасть из-за непрофессионального обслуживания топливной системы, например при замене отдельных узлов, в частности топливного фильтра, или из-за потери водителем контроля количества оставшегося топлива в баке.

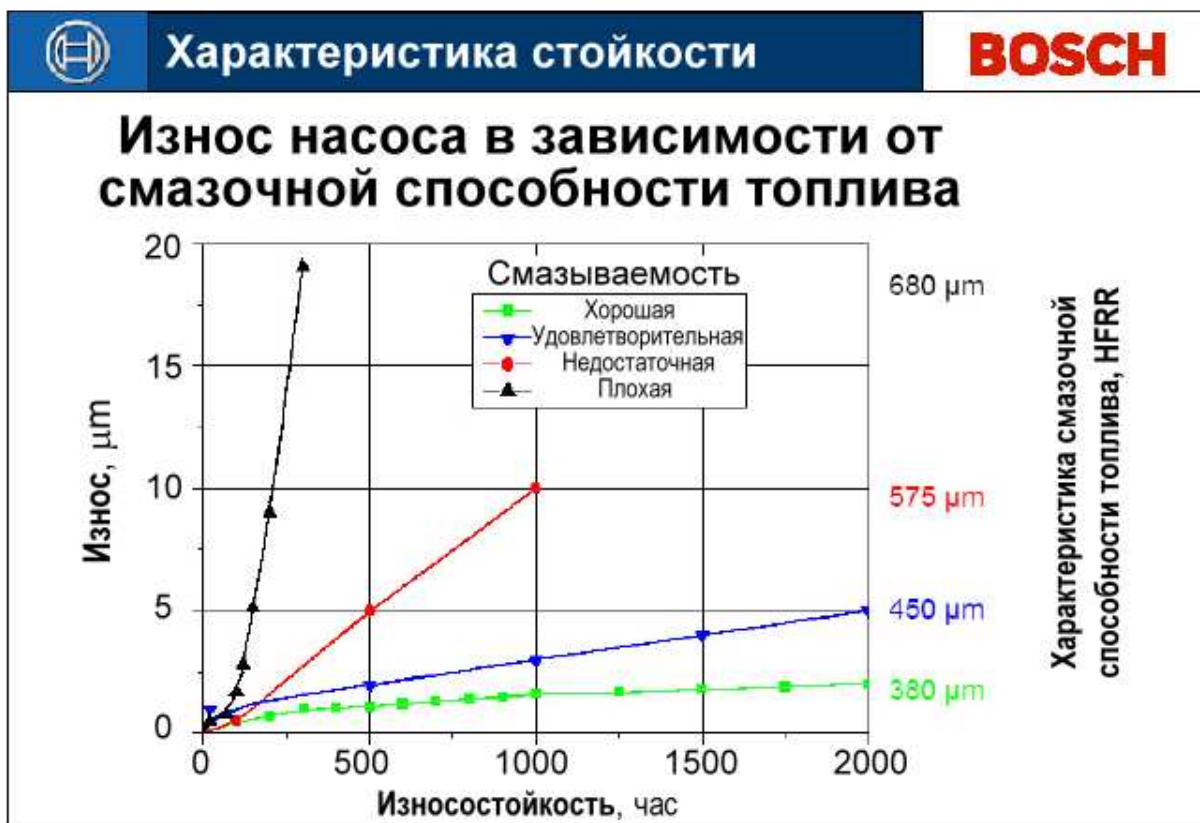


Рис. 6.1. Характеристика смазочных свойств топлива.

Во-вторых, условия смазки трущихся деталей ТНВД ухудшаются вследствие снижения маслянистости в случае применения низкосернированного топлива (low sulphur fuels). Смазочные свойства топлива приведены на рис. 6.1. В целях повышения долговечности дизелей и уменьшения эмиссии выхлопа разработчики стремятся снизить содержание серы в топливе. Дизельные топлива с содержанием серы меньше 0,035%, относящиеся к малосернистым топливам, имеют худшие смазывающие свойства. Их применение приводит к существенному увеличению износа плунжеров насоса высокого давления и снижению срока безотказной работы других агрегатов топливной аппаратуры. Для малосернистых дизельных топлив считается необходимым ввод в их состав присадок, улучшающих смазывающие свойства.

В странах ЕЭС на дизельное топливо введены стандарты ISO 12156-1, -2, согласно которым дизельным топливам присваивается число HFRR в зависимости от их смазочных свойств. Смазочные свойства топлива оцениваются по результатам лабораторных испытаний, при которых эталонный шарик интенсивно истирается по эталонной поверхности, смазкой для которых является пленка испытуемого топлива. Степень износа шарика в μm (микрометрах) служит для присвоения топливу числа HFRR, характеризующего смазываемость.

Дизельные топлива с высоким значением числа HFRR характеризуются низкими смазочными свойствами, характер и степень износа деталей ТНВД VP44 показан на рис. 6.2.



Рис. 6.2. Износ деталей топливом с низкими смазочными свойствами.

В то же время применение дизельных топлив с низким значением числа HFRR, характеризующего их высокие и удовлетворительные смазочные свойства, показывает, что степень износа деталей незначительная и близка к износу деталей, работающих в условиях полноценной смазки. Пример износа деталей в условиях смазки топливом с хорошими смазочными свойствами показан на рис. 6.3.



Рис. 6.3. Износ деталей топливом с высокими смазочными свойствами.

В России смазывающие присадки к дизельному топливу пока еще серийно не производятся, поэтому применение сернистых топлив является неизбежным, что должно сказываться в пользу эксплуатационных свойств ТНВД VP44.

Повышенное содержание серы в топливе оказывает негативное воздействие на токсичность за счет повышения содержания в выхлопе оксидов серы SO_2 и SO_3 и твердых частиц, а также на износ деталей цилиндропоршневой группы дизелей вследствие наличия роста отложений на них продуктов сгорания серы. Сернистые отложения образуют сернистую и серную кислоты, значительно увеличивают коррозионное изнашивание цилиндров, поршневых колец и других деталей, способствуют нагарообразованию, нарушающему теплоотвод от поршня, подвижность поршневых колец, снижающему компрессию. В настоящее время в связи с остротой проблемы загрязнения окружающей среды от эксплуатации многомиллионного парка автомобилей и с ужесточением норм на выброс токсичных веществ вводятся более жесткие требования на содержание серы. В Российской Федерации с 1 ноября 2001 г. утверждены и введены в действие ТУ 38.401-58-296-2001 «Топливо дизельное автомобильное. Технические условия». Введенные нормы были разработаны на базе аутентичного перевода европейских стандартов EN-590-2000, согласно которым содержание серы в дизельном топливе не должно превышать более 0,035%. Эти требования соответствуют общим стандартам по ограничению токсичности, распространяющимся на автомобили и имеющим общее название Euro-3. К 2003...2005 гг. намечается приведение российских стандартов на дизельное топливо к европейским требованиям, но процесс внедрения стандартов обычно распространяется на период не менее 5 лет. При использовании таких топлив будут сохранены требования разработчиков ТНВД VP44 к смазочным свойствам топлива, и в то же время такие топлива будут оказывать более благоприятное воздействие на эксплуатационные качества дизеля и эмиссию выхлопа. Следует отметить при этом, что, несмотря на заключения западных специалистов автостроительных компаний о завышенном содержании серы в российских дизельных топливах, пробег автомобилей с дизель-

ными двигателями в России превышает 600 тыс. км, не уступая по этому показателю другим странам. Высокое значение величины пробега свидетельствует о неоднозначности оценок по свойствам топлива и влиянии его на ресурс двигателей.

6.1.2. Механические дефекты.

Для насосов VP44 в большей степени на причины отказов оказывают влияние механические дефекты изготовления и, возможно, низкий уровень технологической дисциплины изготовителя, не соответствующий уровню выпускаемого изделия. Характерными для этого утверждения являются дефекты насоса, заключающиеся в "зависании" или заклинивании ротора в распределительной головке. Причиной такого дефекта является попадание твердых частиц в зазор между ротором и распределителем. Твердыми частицами могут быть металлические продукты процесса приработки ротора в головке распределителя, низкая шероховатость (класс чистоты) обработанных поверхностей в течение приработки может вызвать излом микронеровностей у их основания с образованием микрочастиц. Металлические частицы могут появиться из-за оставленных после изготовления заусенцев, что обычно для поверхностей ротора. При минимальных зазорах ротора и расточки распределителя под действием микрочастиц ротор может отклоняться от оси и смещаться к стенке расточки. Под воздействием вращения и высокого рабочего давления, оказываемого в VP44 на ротор, радиальные механические силы могут достичь значений, при которых смазочная тонкая топливная разрушается, и вращение ротора в распределителе будет происходить в условиях "полужидкостного" и даже "сухого" трения. Рано или поздно в результате недостаточности смазки произойдет задир двух поверхностей и их обоюдное схватывание, что вызовет возникновение гидравлического удара. Удар может явиться причиной разрушения электрических цепей электронного модуля и к полной остановке двигателя, когда его управления становится невозможным. В насосах с осевым плунжером заклинивание ротора в гидравлической головке приводит к деформации и разрушению управляющей пластины с плоскими кулачками. Насосы, изготовленные после 2000 года, испытывают гораздо меньше отказов, вызванных этой причиной.

Наиболее слабым местом насосов высокого давления считается механическая часть электромагнитного клапана управления наполнением, конкретно, клапан высокого давления (см. рис. 2.25), размещенный в прецизионной осевой расточке ротора. По некоторым, но неподтвержденным оценкам, на отказы клапана приходится 99 из 100 случаев в течение первых 20 минут после выполнения установки электромагнитного клапана и прогона двигателя в режиме увеличения нагрузки до максимальной. Открытие нагнетательного канала и закрытие канала наполнения ротора обеспечиваются перемещением клапана в расточке, при этом управляющие кромки клапана должны перекрывать соответствующие каналы. Средняя часть клапана высокого давления считается наиболее уязвимой по причине пониженной механической прочности, воздействия высоких нагрузок и чувствительности к посторонним и случайным факторам, например загрязнению, попаданию микроскопических продуктов приработки. Клапан может деформироваться, "зависать", или приводить к изменению длины своего рабочего хода. Следствием деформации может быть поломка и полный выход из строя клапана, а вместе с ним, возможно, и ротора, "зависание" клапана и отклонение величины рабочего хода от нормального значения вызывает изменения в синхронизации количества топлива, поставляемого к топливным форсункам. Особенность конструкции клапана заключается в том, что в случае нормальной работы клапана в течение более 20 мин после установки и испытания дизеля под нагрузкой, близкой к полной, на 90% гарантируется успешная работа клапана в течение последующей эксплуатации автомобиля. В этом случае, по заключению специалистов Bosch, владелец автомобиля может безбоязненно использо-

вать дополнительные устройства и настройки по повышению мощности двигателя, что возможно системой управления, повышение нагрузки на клапан в этом случае не сказывается на изменении его работоспособности.

Механическая часть насоса и топливные инжекторы при высокой точности изготовления и высокой чистоте рабочих поверхностей обладают особой чувствительностью к присутствию воды в топливе. Пример действия воды на кулачковую пластину ТНВД VP30 показан на рис. 6.4. Наличие микроскопических, растворенных в топливе, частиц воды приводит к их осаждению на поверхностях высокоточных деталей, которые начинают корродировать. Следы коррозии вызывают появление высокочастотных ударных нагрузок, приводят к искажениям траектории движения рабочих деталей, являются центрами внутренних напряжений. При развитии коррозии на соплах топливных форсунок и седлах нагнетательных клапанов появляются признаки нарушения герметичности. Попадание воды в топливо может иметь случайный характер или явиться следствием отсутствия контроля со стороны водителя на диагностическую функцию Water-In-Fuel («Вода в топливе»).



Рис. 6.4. Следы коррозии на детали ТНВД.

6.1.3. Дефекты электронных компонентов.

Другой свойственной системе управления VP44 причиной отказов являются проблемы с электронными компонентами насоса и электрооборудования, при этом дефекты электрооборудования могут влиять на впрыск топлива. В первую очередь в проблемах электроники надо исходить из того, что электронные приборы чувствительны к повышению температуры, когда увеличивается их электрическая проводимость и возрастают токи утечки, приводящие к изменению электрических режимов и выходу их за допустимые пределы. Электронный модуль управления EDU, размещенный в верхней части насоса, восприимчив к повышенному нагреву и чувствителен к температурным циклам. Работоспособность электрических цепей также снижается вследствие окисления контактов электрических разъемов или в результате ослабления соединений. Как правило, эти дефекты связаны с качеством комплектующих изделий. Пример разрушения электрических контактов приведен на рис. 6.5. После длительной эксплуатации дефекты электрооборудования проявляются по внешним признакам, к которым можно отнести затрудненный пуск дизеля, обеднение горючей смеси, белый дым выхлопа и появление проблем общей характеристики управляемости автомобиля. Часто дефекты электрооборудования могут быть проверены и подтверждены сравнением с описанием дефектов кодов диагностики.

Так как отдельные отказы и неисправности электрооборудования влияют на инжекцию топлива, то иногда встречаются неудовлетворительные оценки именно инжекции, что

совершенно не соответствует действительности. Дефектация насосов, выпущенных в начале 1998 года, подтвердила, что слабыми местами являются не детали, ответственные за нагнетание давления и подачу топлива, а, в основном, электрические соединения и разъемы, разъедаемые в средах соли, что приводит к искажениям сигналов управления исполнительными устройствами топливоподачи. Способ предупреждения коррозионного износа может быть определен косвенно на основании осмотра доступных внешних деталей. Для этого подходит 15-ти сантиметровой электрический жгут, соединяющий клапан управления моментом впрыска, расположенный в основании корпуса, с электронным модулем. Если защитный чехол электрического разъема имеет следы разъедания, то обязательной является проверка и ремонт электрических соединений.



Разрушение разъема EDU

Рис. 6.5. Дефект контактного разъема.

Если дефекты топливной системы приводят к остановке автомобиля, то первоочередной задачей диагностирования является определение работоспособности подкачивающего насоса и обеспечение поступления топлива к ТНВД для обеспечения смазываемости. Пока топливо из бака поступает к

насосу и возвращается обратно в бак, то смазка ТНВД и охлаждение электронного модуля обеспечены. Для циркуляции топлива в системе предназначен электрический топливоподающий насос. Способ определения циркуляции топлива заключается в проверке давления накачки топлива при работающем подкачивающем насосе.

Измерение внутреннего давления ТНВД (давления топлива в контуре низкого давления) при исправном топливоподающем контуре не может свидетельствовать о влиянии давления на количество впрыскиваемого топлива. В системах VP44 необходимая топливная доза зависит от длительности открытого состояния электромагнитного клапана управления наполнением, в течение которого производится впрыск, высокое давление впрыска используется для "управления" выталкивания и дробления топлива форсункой, низкое давление - для наполнения топливом каналов ротора и управления моментом впрыска.

В течение проверки электромагнитного клапана управления наполнением, а также электромагнитного клапана управления моментом впрыска топлива необходимо убедиться в прохождении в обмотки клапанов управляющих сигналов соответствующей формы, поэтому кроме оценки работы дизеля по внешним признакам или по показаниям простейших измерительных средств целесообразно применять приборы, осциллографы, позволяющие видеть электрические сигналы. Серьезную помощь при диагностировании электрооборудования насоса и электронного модуля может оказать специальный тестер DRB3 разработки Cummins.

Дефекты элементов системы управления должны распознаваться на дефекты, относящиеся к электронным компонентам, и дефекты механических устройств, хотя все виды отказов имеют общие причины. К ним относятся механические динамические нагрузки, вибрация, загрязнение и действие кислотно-щелочных компонентов, коррозия, температурные перегрузки, случайные воздействия. Дефекты механических устройств более легко распознаются внешним осмотром, дефекты электронных компонентов, датчиков, зачастую имеют скрытый характер. В начальной стадии развития дефектов или при дефектах, не угрожающих двигателю, отклонения системы управления от нормальных условий работы проявляются по изменению внешних признаков и одновременно фиксируются системой диагностики.

К основным признакам изменения работоспособности двигателя в случае появления дефектов электронных компонентов относятся:

- затрудненный пуск дизеля;

- изменение дымности выхлопа;
- снижение развиваемой мощности;
- отсутствие защиты двигателя;
- падение скоростных показателей и ограничение скорости;
- последовательное отключение элементов дополнительного оборудования.

Дефектные датчики и исполнительные устройства при отсутствии внешних признаков отказов определяются способом измерения величины и формы сигналов в сигнальных и управляющих цепях электрооборудования. Обычными причинами выхода датчиков из строя являются токовые и температурные перегрузки. На характер прохождения сигналов по электрическим цепям влияние оказывает состояние контактов, которые могут окисляться и изменять электрическую проводимость в точках соединения, ослабляться в своих гнездах и приводить к кратковременным обрывам электрических цепей вследствие своей вибрации, или разрушаться под воздействием агрессивной среды.

При диагностике отдельных датчиков, необходимо исходить из того, что сигнал каждого датчика используется для выполнения определенных функций, поэтому искажение или отсутствие сигнала датчика приводит к некорректному выполнению функции, что вызывает в свою очередь изменение внешних признаков работы двигателя. Полная остановка двигателя в результате отказа датчиков возможна только при выходе из строя датчика положения педали акселератора и датчиков распознавания позиции двигателя, в результате чего контроллер становится в не состоянии рассчитывать количество необходимого топлива. Если система управления оснащена дистанционным акселератором, то при выходе из строя этих датчиков движение возможно, но со значительным ограничением мощности и оборотов. Взаимосвязь контроллера с датчиками и исполнительными устройствами описана в главе 4, где можно определить влияние входных сигналов на изменение команд управления, в первую очередь на топливopодачу и момент впрыска. Состояние каждой команды определяется величиной сигналов, поступающих от нескольких датчиков, но отказ обычно сопутствует одному датчику, поэтому нетрудно определить, на какие выполняемые функции оказывает влияние сигнал дефектного датчика, а по внешним признакам изменения работоспособности двигателя дать предварительный диагноз о причине и месте отказа.

Окончательный диагноз может быть поставлен только после измерения величины сигналов на всех режимах работы двигателя, обеспечиваемых изменением параметров от проблемного датчика или электрической цепи.

6.2. Технические средства диагностики.

6.2.1. Методика измерений.

В конструктивные группы входят датчики и исполнительные устройства, с помощью датчиков контроллер распознает режимы работы двигателя и его состояние, исполнительные устройства обеспечивают получение необходимых величин параметров управления рабочим процессом.

Большинство элементов системы управления доступно для наблюдения и подсоединения измерительных приборов. Перед выполнением контрольных операций в целях сокращения времени на вспомогательные операции необходимо точно определить вид и место нахождения всех конструктивных групп и устройств, входящих в состав системы. Общий вид моторного отсека и основные устройства системы управления дизельным двигателем на примере автомобиля Audi 2.5 TDI приведены на рис. 6.6.

Работоспособность и состояние датчиков и исполнительных устройств определяет работу всей системы в целом. Учитывая, что система управления является электронной, то оценка уровня работы системы в целом и необходимые проверки величин вводимых параметров, как например, количество впрыскиваемого топлива, момент опережения впрыска должны производиться на основании величины и формы электрических сигналов.

Рис. 6.6. Моторный отсек автомобиля Audi 2.5 TDI.



Наблюдение и измерение сигналов может производиться как при помощи универсальных измерительных приборов тестера или авометра и осциллографа, так и при помощи специальных автосканеров, диагностических приборов или персонального компьютера РС.

Примерная схема размещения необходимых приборов, используемых для диагностики, приведена на рис. 6.7.

Измерение сигналов и сравнение их величины и формы с нормативными значениями позволяет выявить ошибки в работе системы, при этом следует обратить внимание на необходимость выполнения электрических измерений ввиду закрытости и недоступности исполнительных устройств и отдельных датчиков ввиду их размещения во внутренней полости ТНВД. Распознавание ошибок и диагностика работы системы, а также ее настройка, могут быть выполнены с более высокой точностью, если дополнительно к перечисленным приборам будут использованы приборы для измерения дымности выхлопа и стенды для проверки топливной аппаратуры.

Ниже приводится описание принципа работы и основные электрические сигналы, а также их форма, которые должны сниматься на работающем двигателе с основных датчиков и исполнительных устройств, что требуется для успешного выполнения диагностики и ремонтных работ. Минимальная конфигурация измерительных приборов ограничивает возможности диагностирования, поэтому выполнение диагностики в стационарных цеховых условиях предполагает наличие у обслуживающего персонала высокого квалификационного уровня.

Поиск ошибок в этом случае сводится к перепроверке электронных блоков и определению работоспособности ТНВД, проверка конструктивных элементов в отдельных случаях может потребовать использование программируемых автосканеров, Notebook или РС и ходовых испытаний.



Рис. 6.7. Примерная схема рабочего места.

Методы проверки датчиков и исполнительных устройств, электрические режимы, форма и величина электрических сигналов, диагностические коды приведены на примере автомобилей Audi 2.5 TDI и Dodge Cummins ISB. Ссылки на конкретный автомобиль приводятся по тексту. Отдельные модели автомобилей могут иметь незначительные отличия в методике проверок, что объясняется непринципиальными отличиями в конфигурации средств OEM.

6.2.2. Электрические соединители.

При выполнении диагностических работ на различных автомобилях целесообразно иметь электрические соединительные кабели с различными разъемами, позволяющими осуществить соединение измерительных приборов с контроллерами различных модификаций. Общий вид стандартных кабелей показан на рис. 6.8. Электронный модуль насоса имеет фиксированное количество контактов в электрическом разъеме, но применяемые в различных моделях автомобилей контроллеры могут иметь в разъеме 55, 68, 80, 103 или 121 контакт (pin-контакт). При различном количестве контактов контроллера электрические провода, входящие в кабель и соединяющие контроллер с электронным модулем насоса имеют стандартную цветовую маркировку, что позволяет облегчить поиск необходимой электрической цепи.

Электрические разъемы отдельных производителей могут отличаться по количеству контактов и схеме их расположения. Отдельные виды разъемов контроллеров Bosch приведены на рис. 6.9.

На рисунке 6.9 показан пример подключения провода от датчика положения педали акселератора. Как видно он подключается к различным контактам, но цвет провода на различных моделях обычно поддерживается один. Окончательное распознавание провода и место его подключения к контроллеру, как и любого из проводов в составе кабеля, может быть выполнено только при помощи принципиальной электрической схемы электрооборудования.

Во время проверок электромагнитных клапанов ТНВД необходимо снимать осциллограммы импульсных токов управления клапанами. Сами клапаны расположены внутри насоса и доступ к ним невозможен, поэтому присоединение к электрическим проводам доступно только с внешней стороны. С этой целью можно использовать электрические разъемы, через которые клапаны присоединяются к электронному модулю. На ТНВД имеется три электрических разъема для присоединения модуля к электронному блоку управления двигателем и к двум клапанам. Вид ТНВД VP44 со стороны электрических разъемов показан на рис. 6.10.



Рис. 6.8. Соединительные кабели.

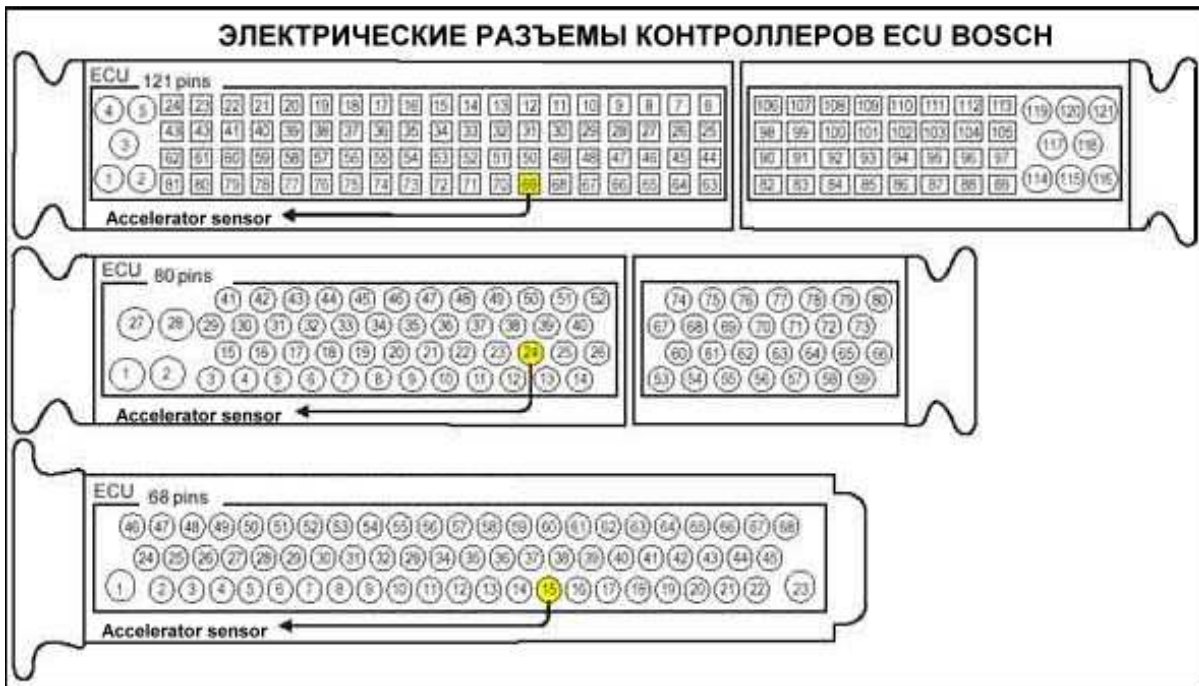


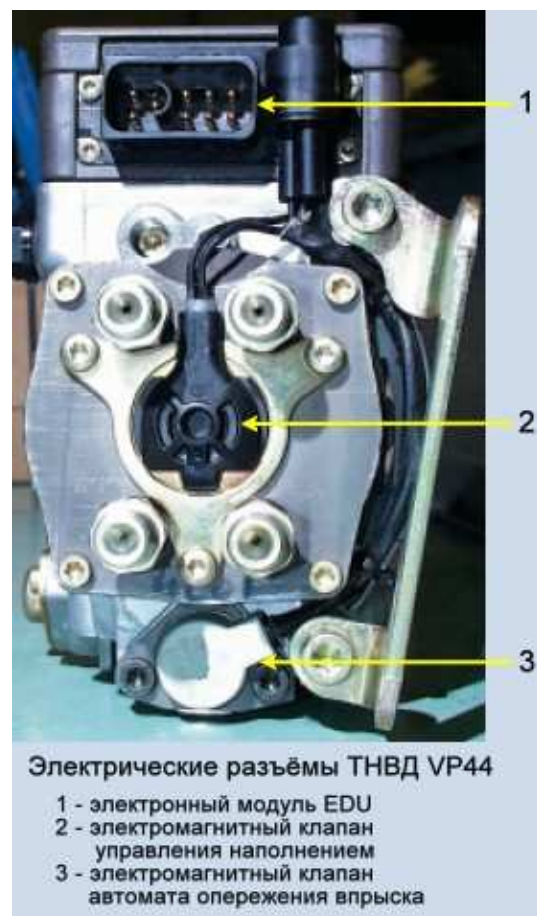
Рис. 6.9. Электрические разъемы контроллеров Bosch.

Доступ к проводам разъемов клапанов (поз. 2 и 3) при отсутствии технологических приспособлений возможен только за счёт проникновения через изоляцию с помощью тонкой и жёсткой иглы, что крайне нежелательно. В этом случае может быть понижена механическая прочность проводов и нарушена герметизация. Для облегчения доступа к электрической проводке и снижения трудоёмкости проверок целесообразно использовать самодельные технологические переходники, которые могут быть изготовлены из разъемов вышедших из строя насосов или воспользоваться переходниками, предлагаемыми изготовителями технологического оборудования.

Специальные диагностические приборы, на которые делается ссылка в тексте, поставляются с комплектом соединителей, что облегчает доступ к отдельным контактам. Электрические разъемы соединения электронного модуля насоса с контроллером (поз. 1) могут иметь в зависимости от модификации разъемы с выводом в кабель 7 или 8 проводов. Соединительные кабели с 7 проводами применяются на автомобилях BMW, Ford, Toyota, Nissan и Opel, кабели с 8 проводами на автомобилях Audi, Mercedes, Rover, Renault, Peugeot, Kia, Fiat, VW.

Пример цветовой маркировки проводов соединительного кабеля для автомобилей Audi с двигателями 2,5 TDI приведен на рис. 6.11.

Рис. 6.10. Электрические разъемы.





Цвет провода	Номер контакта	Назначение	Напряжение	
	Красный	16	Питание	12 V
	Черный	19	Масса	Минус
	Желтый	37	Акселератор	0,4...4,5
	Голубой	38	Наполнение	1,8...4,5
	Белый	14	Can-Bus	Импульс 2,5V
	Зеленый	39: 2,5V 31: 5V	Can-Bus	Импульс
	*Фиолетовый	47	Обороты	Импульс
	*Коричневый	53	Температура	0,1...1,5

Рис. 6.11. Цветовая маркировка проводов соединительного кабеля.

Схемы кабелей для контроллеров с 55 и 68 контактами автомобиля Audi 2.5 TDI показаны на рис. 6.12.

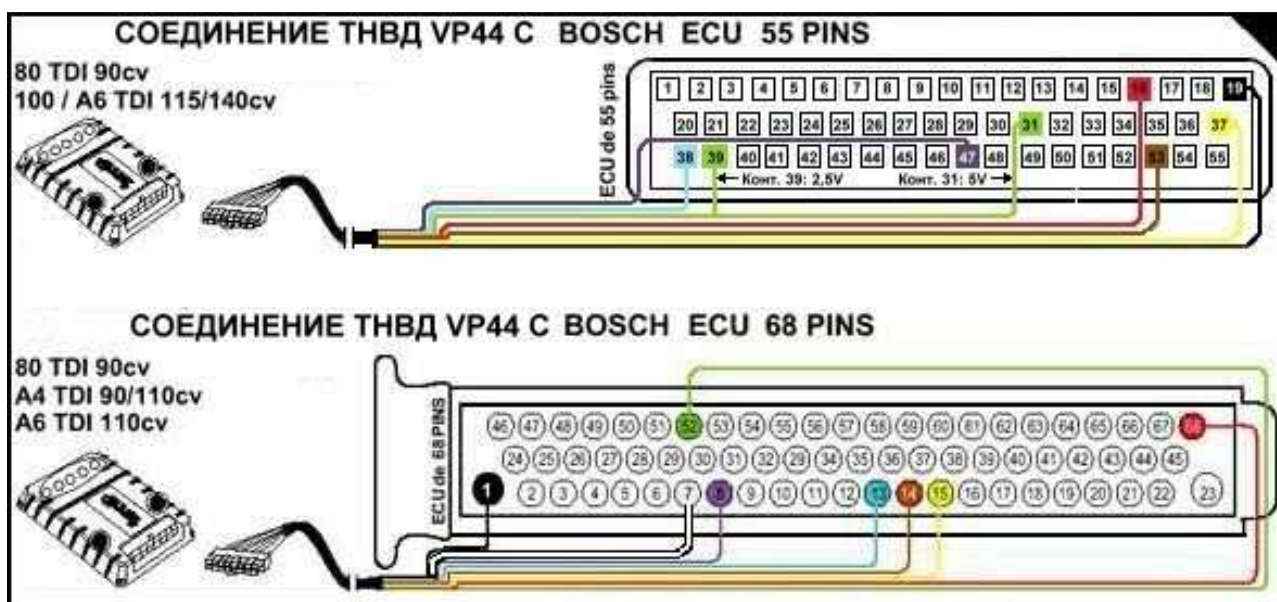


Рис. 6.12. Схема соединительных кабелей.

6.3. Диагностика неисправностей.

6.3.1. Диагностические требования.

В случае выхода из строя датчиков, исполнительных устройств или CAN-сочленений, влияющих на безопасность движения или способных привести к выходу из строя дорогостоящих механизмов, двигатель должен быть остановлен. К таким дефектам можно отнести отсутствие топлива в топливном баке, в котором в наличии имеется только остаток топлива, необходимый для выполнения последующего запуска двигателя, например, после устранения одной из обнаруженных ранее неисправностей.

Для обнаружения и наблюдения неисправностей двигателя с системой управления VP44 оснащаются подсистемой самодиагностики, позволяющей обнаруживать и отсле-

живать неисправности, возникающие среди компонентов и в электрических цепях электронной цифровой системы управления. При этом следует учитывать, что функционирование системы управления VP44 обеспечивается нормальной работой не только электронных, но и прочих элементов системы, в которых используются другие физические свойства. Собственно, подсистема самодиагностики наблюдает только за электрическими компонентами системы, но дефекты в гидравлическом контуре впрыска или механических устройствах двигателя остаются вне поля зрения, если они не оснащены дополнительными диагностическими средствами распознавания.

Таким образом, работоспособность цифровой системы управления должна оцениваться на основании диагностирования неисправностей системой самодиагностики с одновременным выполнением обязательных работ по проверке механических и гидравлических устройств.

Во время выполнения работ по обслуживанию и ремонту системы управления с ТНВД VP44 в обязательном порядке необходимо проводить измерение компрессии в цилиндрах и проверять фазы газораспределения.

На работоспособность системы и нормальное протекание рабочего процесса влияет величина давления топлива в контуре низкого давления, поэтому проверка величины давления также является необходимым условием проведения профилактики. Проверка низкого давления должна дополняться обследованием на пропускную способность и герметичность сливных магистралей, а также испытаниями топливных форсунок.

Испытание и калибровка топливных форсунок возможны только при наличии специального оборудования для проверки топливной аппаратуры.

В начале каждого поиска неисправностей необходимо, если на это имеется возможность, убедиться в отсутствии отказов в электронном модуле управления насосом и электронном блоке управления двигателя.

В случае обнаружения дефектов в неответственных устройствах, не угрожающих безопасности движения, двигатель остается управляемым в режиме реального движения или имитации движения. При наличии подобных дефектов двигатель работает в аварийном режиме с ограничением мощности и числа оборотов, требуемых для безопасности, для чего подача топлива в цилиндры производится с уменьшением дозирования.

Перед выполнением диагностических работ для обеспечения нормальных условий проверки гидравлических устройств впрыска топливный бак должен быть заправлен топливом в достаточном количестве.

Проверка электрических цепей и устройств должна начинаться с контроля уровней напряжений на контактах обоих электронных приборов управления, модуля и блока. В ходе диагностирования целесообразно помнить, что характер неисправностей двигателя и его реакция на неисправности практически не изменились за последние пятьдесят лет.

Электрические параметры, регистрируемые на контактах современных электронных приборов, поступают с датчиков, контролирующих практически не изменившийся рабочий процесс, поэтому сравнение фактических значений параметров с нормативными позволяет быстро и точно дать оценку месту и характеристику дефекта. Важно при этом знать принцип действия того или иного датчика или исполнительного устройства и знать закономерность изменения электрических сигналов в зависимости от контролируемого процесса.

Это также бесспорно при измерении дымности в свободном разгоне автомобиля, который всегда должен производиться при обнаружении дефекта повышенного расхода топлива или повышенной дымности выхлопа. Преимущество такого испытания заключается в скорости и доступности.

6.3.2. Контролируемые параметры.

Проводимые измерения электронных устройств позволяют более точно выявить определить дефект в общем обширном списке контролируемых параметров. В стационарных условиях измерения должны проводиться на основном режиме работы двигателя, которым является холостой ход. Перечень контролируемых параметров на холостом ходу на примере автомобиля Audi A6 2,5 TDI приведен в табл. 2. Для определения характера работы контролируемого устройства двигатель в ходе проверки переводится на другой режим работы, при этом наблюдаются величины изменения параметра и сравниваются с приведенными значениями в таблице или с формой осциллограмм согласно приложению 1.

С помощью подходящего измерительного тестера можно в течение короткого промежутка времени получить обзор об измеряемых величинах электрических сигналов, поступающих на контроллер с датчиков и управляемых исполнительных органов.

Если автомобиль эксплуатировался достаточно длительное время, то целесообразно выполнить более тщательную проверку температурных датчиков (см. поз. 5...8). Если сигналы с датчиков явно выходят за пределы низкого или высокого уровней, то необходимо произвести их детальную проверку и выполнить последующие измерения.

Датчики давления наддува и давления окружающей среды (поз. 32...34) могут быть проверены при обеспечении равных значений физической среды - измеряемого давления. В этом случае величины электрических сигналов, поступающих с датчиков, не должны отличаться между собой.

На неустойчивую работу двигателя решающее влияние оказывает неравномерность подачи топлива, поэтому топливные форсунки следует проверить на соответствие действительной подачи нормативной (поз. 22...27). В каждой строке указано смещение количества впрыскиваемого топлива в отдельном цилиндре. Эти значения требуются для предварительной регулировки на холостом ходу допустимого равновесного количества топлива в каждом отдельно взятом цилиндре.

Третий цилиндр (Audi) является цилиндром, гарантирующим достоверность расчетных значений количества впрыскиваемого топлива, так как в этом цилиндре расположена форсунка, оснащенная датчиком положения иглы распылителя.

Если в одном из цилиндров допустимое смещение превышает значение 1,5 миллиграмма за рабочий ход, то в этом цилиндре должны быть проверены компрессия (измерение величины давления сжатия), установленный распылитель или выявлены дефекты механических и гидравлических устройств впрыска.

Если смещения, указанные согласно поз. 22...27, располагаются в отрицательной области значений, превосходя при этом допустимые значения во всех цилиндрах, то неисправность следует искать в цилиндре #3, топливная форсунка которого в результате образовавшегося дефекта обеспечивает подачу завышенного количества впрыскиваемого топлива.

При подозрении на интегральную микросхему на монокристалле (Chip-Tuning) должны быть предварительно проверены ограничения на крутящий момент и массу воздуха согласно значениям поз. 28 и 29. Эта проверка позволяет определить наличие поля признака для ограничения количества впрыскиваемого топлива.

Если двигатель не запускается, то причинами вероятного дефекта могут быть отклонения фактических значений от нормативных данных, указанных по одной из поз. 38...42. Пустой топливный бак, дефекты топливного насоса, низкое напряжение питания или дефекты топливного насоса высокого давления (ТНВД) могут обнаруживаться достаточно быстро с помощью обычного портативного тестера.

Работоспособность системы рециркуляция EGR проверяется на соответствие фактически измеренных значений данным, приведенным согласно поз. 21 и 31.

Таблица 2. Технические параметры работы двигателя автомобиля Audi A6 2,5 TDI на холостом ходу.

Позиция	Измеряемая величина	Значение	Примечание
1	Частота вращения	740 1/мин	
2	Положение педали газа	0 %	Педаль свободная; 0 %, педаль выжата: 100 %. При наличии смещения проверить датчик педали
3	Контакт холостого хода	Замкнут	
4	Сигнал компрессора	Есть	
5	Температура двигателя	90 °С	Свыше 112 °С для защиты от перегрева выполняется отмена количества впрыскиваемого топлива
6	Температура топлива	38,7 °С	
7	Температура воздуха на впуске	27,5 °С	
8	Температура масла	98 °С	Свыше 140 °С для защиты от перегрева выполняется отмена количества впрыскиваемого топлива
9	Выключатель педали тормоза	Разомкнут	
10	Переключатель контроля педали тормоза	Замкнут	
11	Выключатель сцепления	Разомкнут	
12	Переключатель скорости	Выключен	
13	Пусковое количество впрыскиваемого топлива	11,6 мг/Н	При последнем успешном пуске двигателя
14	Начальный угол опережения впрыска	1° до ВМТ	При последнем успешном пуске двигателя
15	Номинальный начальный угол опережения впрыска	0,6° до ВМТ	Номинальное значение: на холостом ходу прогретого двигателя не ниже 2° и не выше 2° до ВМТ; на полной нагрузке и оборотах 3800...4200 1/мин от 10° до 15° до ВМТ
16	Действительный начальный угол опережения впрыска	0,6° до ВМТ	При отклонении проверить давление топливонасоса, соединения ТНВД с массой и работу электромагнитного клапана впрыска
17	Скважность тока управления электромагнитным клапаном момента впрыска	73 %	Значение скважности должно уменьшиться при возрастании частоты вращения двигателя
18	Эффективный впрыск топлива	6,9 мг/ч	
19	Расход топлива	1,10 л/ч	
20	Диапазон изменения угла опережения электромагнитным клапаном момента впрыска	21° по коленвалу	
21	Скважность тока управления преобразователем EGR	45 %	Скважность должна понизиться до 5...10 % при полной нагрузке и оборотах свыше 3000 1/мин

Продолжение табл. 2.

Позиция	Измеряемая величина	Значение	Примечание
22	Отклонение количества впрыскиваемого топлива относительно цилиндра №3:		Допустимое отклонение $\pm 1,5$ мг/л. При превышении отклонения проверить распылители форсунок и давление сжатия в цилиндрах.
23	Цилиндр №1	+1,25 мг/л	
24	Цилиндр №2	+1,25 мг/л	
25	Цилиндр №4	+0,39 мг/л	
26	Цилиндр №5	+1,02 мг/л	
27	Цилиндр №6	+0,78 мг/л	
28	Ограничение количества впрыскиваемого топлива. Крутящий момент	28,8 мг/л	Номинальное значение при полной нагрузке и оборотах 2800...3500 1/мин: 37...40 мг/л. Значение <37 мг/л: движение по необходимости, значение >40 мг/л: дефект (?) интегральной схемы
29	Ограничение количества впрыскиваемого топлива. Масса воздуха	23,3 мг/л	Номинальное значение при полной нагрузке и оборотах 2800...3500 1/мин: 41 мг/л. Значение <41 мг/л: проверка расходомера, клапана EGR и турбонагнетателя, значение >41 мг/л: дефект (?) интегральной схемы
30	Масса всасываемого воздуха: номинальная	259 мг/л	Допустимое отклонение ± 20 мг/л. При увеличенном отклонении проверить выключение клапана EGR, если холостой ход более 10 мин. - ударную газовую волну, в противном случае проверить клапан EGR и расходомер воздуха. Действительное постоянное значение 550 мг/л, при других значениях система находится в аварийном состоянии
31	действительная	259 мг/л	
32	Давление окружающего воздуха	1000 мбар	Допустимое максимальное отклонение к поз. 34 ± 40 мбар при устойчивом воспламенении
33	Давление наддува: номинальное	1061 мбар	Давление наддува - 1,9...2,0 бар (абсолютное) при полной нагрузке и оборотах 2000...4000 1/мин. При отклонении проверить турбонагнетатель, воздушный охладитель и клапан-ограничитель давления
34	действительное	1061 мбар	
35	Скважность тока управления клапаном ограничения наддува	85 %	При достижении допустимого давления наддува скважность должна уменьшиться
36	Свечи накала	Работа	
37	Мощность генератора	51 %	
38	Коды диагностики	000	100 = бак пустой, 010 = бак почти пустой, 001 = предупредительный сигнал активации панели приборов
39	Топливный насос	Работа	
40	Напряжение питания контроллера ECU	13,45 V	
41	Напряжение питания модуля EDU	13,68 V	
42	Основные параметры электронного модуля, доступные для считывания	00 000 000	00 000 001: постоянная течь электромагнитного клапана 00 000 010: дефект электромагнитного клапана 00 000 100: дефект датчика угловых импульсов 00 001 000: дефект автомата опережения впрыска 00 010 000: начало впрыска не распознано 00 100 000: предполагаемый сигнал выключения 01 000 000: частота вращения двигателя не распознана 10 000 000: дефект шины передачи данных

Если количество рециркулируемых газов является достаточно большим по отношению к воздушной массе (завышенная скорость рециркуляции), то неисправность должна заключаться в зависании или негерметичности клапана EGR. Дефект клапана также может быть вызван неисправностью расходомера воздуха, в результате чего при нормальной рециркуляции выхлопных газов в цилиндры может поступать меньшее количество чистой воздушной массы. На холостом ходу возможна активация ударных колебаний воздушной массы. Если скорость рециркуляции достаточно низкая, то это указывает на вероятное закрытие клапана рециркуляции EGR.

6.4. Основные датчики.

6.4.1. Датчик импульсов ВМТ (ВМТ-датчик) или датчик оборотов.

ВМТ-датчик является одним из основных по той причине, что его сигнал предназначен для определения числа оборотов двигателя и расчёта на их основании дозы впрыскиваемого топлива. Сигнал датчика используется также для определения углового положения коленвала, что равнозначно расчету положения поршней относительно ВМТ. Датчик импульсов ВМТ или угловых импульсов представляет собой стандартный датчик индукционного типа, расположенный напротив маховика [4]. При отсутствии или искажении сигнала ВМТ-датчика работа двигателя становится невозможной, в результате чего двигатель останавливается. Конструктивное исполнение датчиков для различных моделей автомобилей может иметь отличия, что отражается в его наименовании.

Датчик двигателей с четным числом цилиндров.

Устройство датчика приводится для автомобилей Audi. В маховик вмонтированы шесть магнитных штифтов по количеству цилиндров, предназначенных для идентификации ВМТ каждого из цилиндров. Как только один из штифтов проходит мимо датчика, он вызывает возмущение напряжения, являющегося генерируемым сигналом. Сигнал датчика по своей форме близок к форме напряжения переменного тока (см. осциллограмму 4 приложения 1).

Для проверки датчика используются достаточно простые операции:

- штекер датчика крепится на передней стенке под капотом к диагностическому разъему (см. рис. 6.6);
- к диагностическому разъему подсоединяется осциллограф;
- если напряжение сигнала является слишком низким, то необходимо скорректировать месторасположение датчика, так как при большом воздушном зазоре между датчиком и маркерным штифтом напряжение сигнала понижается.

Вращение двигателю можно кратковременно задать при помощи стартера. При отсутствии осциллографа датчик можно проверить по наличию напряжения с помощью вольтметра, установленного в режим измерения переменного напряжения. При проворачивании коленвала стартером напряжение сигнала должно быть не менее **1 В**.

Электрическое сопротивление обмотки датчика составляет **$1,6 \pm 0,2$ кОм**.

Дефекты датчика распознаются по поведению двигателя. В случае полного отказа датчика двигатель работает неравномерно с ударной вибрацией ("прыгает"). Контроллер в этом случае переходит на аварийный режим и ограничение нагрузки. Расчет количества топлива выполняется по резервному сигналу, реакция двигателя на дефект датчика проявляется в неравномерности работы на холостом ходу из-за неадекватности подачи топлива отчетливым колебаниям внутренней нагрузки.

Датчик двигателей с нечетным числом цилиндров.

Особенности датчика заключаются в расположении коммутирующих напряжение сигнала отверстий на поверхности маховика. На двигателях с нечетным числом цилиндров, например пятицилиндровых, каждый цилиндр имеет свою ВМТ при разных положениях коленчатого вала. Для быстрого распознавания на маховике выполнены продольные отверстия длиной в 10 градусов с несоразмерно распределенными пробелами между отверстиями. Расположение маркерных отверстий на поверхности маховика изображено на рис. 6.13. Не позднее, чем после прохождения отверстия напротив датчика, контроллер распознает положение коленвала.

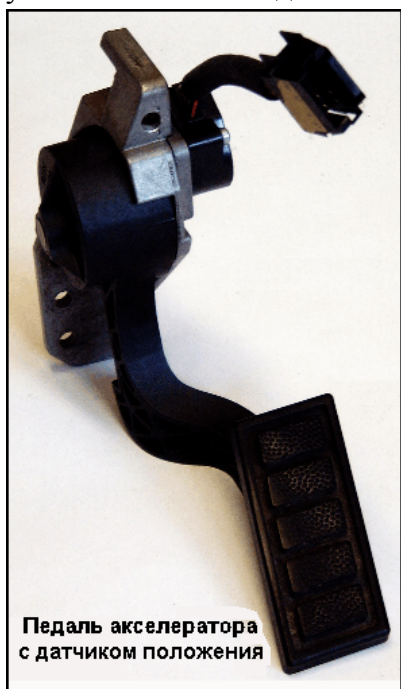
Угловое расстояние между точкой воспламенения и моментом пересечения поршнем ВМТ распознается контроллером по скорости движущегося поршня. Для расчета скорости поршня используется длина продольных отверстий. В течение такта сжатия поршень значительно тормозится за счет выполнения работы по преодолению компрессии, в течение такта выпуска поршень, наоборот, ускоряется под воздействием давления выхлопа. Через контроль скорости поршня, движущегося в направлении к ВМТ, обеспечивается экономия за счет отказа от датчика угловых импульсов коленвала.

Рис. 6.13. Схема расположения маркировочных отверстий для пятицилиндрового двигателя.



6.4.2. Датчик положения педали акселератора.

Датчик предназначен для преобразования углового положения педали в уровень электрического напряжения, пропорционального величине угла. Так как положение педали устанавливается водителем в зависимости от величины нагрузки, то сигнал датчика



служит контроллеру для распознавания величины нагрузки на двигатель. Общий вид датчика изображен на рис. 6.14.

Датчик состоит из электрического потенциометра, выключателя холостого хода и контакта полной нагрузки (Kickdown-контакта). Схема датчика приведена на рис. 6.15. Быстрая проверка работоспособности датчика может быть выполнена путем измерения величины сопротивления датчика и сравнения формы выходного сигнала с эталонной осциллограммой. Осциллограмма 7 выходного сигнала датчика выполнена для режима свободного ускорения. Осциллограмма снимается при включенном положении выключателя приборов и стартера с помощью медленного нажатия на педаль акселератора.

Полная и непрерывная форма сигнала свидетельствует об отсутствии обрывов и коротких замыканий при скольжении движка датчика по резистивной дорожке.

Рис. 6.14. Датчик положения педали акселератора.

Для различных автомобилей осциллограмма может отличаться по величине сигнала, например, для Audi V6 максимальное напряжение сигнала составляет **4,56 V**, минимальное - **266 mV**.

Уровни сигналов датчика, используемых для распознавания режимов и величины нагрузки на двигатель:

- **5 V** на холостом ходу при отпущенной педали акселератора и замкнутых контактах выключателя холостого хода;
- **0 V** на режиме предельной нагрузки при полностью нажатой педали акселератора и замкнутых контактах полной нагрузки (Kick-Down);
- свыше **0 V** до **5 V** на режимах частичных нагрузок при промежуточном положении педали акселератора.

Схема подключения датчика к контроллеру может быть различной в зависимости от модификации автомобиля.

Это касается в первую очередь способа подвода напряжения питания. При подводе напряжения питания к потенциометру через контакт 2 выходные уровни напряжений могут быть следующими:

- номинальное напряжение питания $U_{2-3} = 5,0 \text{ V}$;
- напряжение холостого хода $U_{1-3} \leq 0,5 \text{ V}$;
- напряжение полной нагрузки $U_{1-3} \geq 4,5 \text{ V}$.

В случае возникновения неустраняемых неисправностей датчика, например при обрыве резистивной дорожки, двигатель может работать только на холостом ходу при соответствующем количестве впрыскиваемого топлива. На контроллер, в этом случае, с датчика поступает напряжение **5 V** (например, у автомобилей Audi), что служит основанием для впрыска минимальной дозы топлива и ограничения частоты вращения коленвала. Проверка датчика может быть выполнена при помощи вольтметра или полупроводникового пробника.

Полное сопротивление датчика – **3000 Ом**.



Рис. 6.15. Принципиальная схема датчика положения педали акселератора.

6.4.3. Калибровка и техника проверки датчика положения педали акселератора.

Калибровка и техника проверки датчика приводятся в соответствии со схемой соединения датчика на автомобилях Dodge Cummins (см. приложение 2). Калибрование положения датчика педали является достаточно простой операцией, необходимой и выполняемой в случаях замены датчика или блока управления ECU.

Калибровка должна выполняться в соответствии с инструкциями руководства по эксплуатации автомобиля в специализированных центрах по обслуживанию, но может

быть выполнена и в обычных условиях, при этом операции по калибровке практически одни и те же.

Для калибровки датчика необходимо при включенном выключателе приборов и стартера медленно нажимать на педаль акселератора до упора, наблюдая при этом по вольтметру величину выходного сигнала датчика. Отпустить педаль и повторить нажатие от положения холостого хода до полного нажатия. Данная операция должна выполняться не менее трёх раз. Величина сигнала должна находиться в пределах нормативного значения. Следует учитывать при этом, что при полном нажатии на педаль сигнал с датчика может иметь напряжение **0** или **5V** в зависимости от схемы подвода напряжения питания к датчику.

Замена датчика должна выполняться при отсоединенной минусовой клемме аккумуляторной батареи.

Наиболее эффективный способ проверки состоит в применении прикладных программ изготовителей, например Cummins, которые совместно со специальным переходником-адаптером позволяют использовать РС IBM. Прикладные программы являются частью сервисных инструментальных средств, необходимых для диагностирования и устранения дефектов. Команды для проверки различных датчиков и электрических цепей включены в пакет доступных прикладных программ Cummins.

При отсутствии этого оборудования испытания могут быть произведены с помощью универсального измерительного прибора, тестера, и сервисного комплекта проводов и соединителей. Процедура испытаний должна проводиться в следующей последовательности.

Проверка электрических цепей датчика

1. Выключатель приборов и стартера устанавливается в положение "Выкл". Два соединителя (разъёма) датчика, изолированные друг от друга, располагаются непосредственно позади левой двери. Разъём (соединитель) с красным, черным и белым проводами относится к датчику, а второй разъём - к выключателю холостого хода.
2. Отсоединить разъём датчика от системы проводов блока ECU.
3. Подключить комплект измерительных кабелей к разъёму датчика.
4. Подключить комбинированный мультиметр: клемму (+) к проводу "С" (напряжение питания **5V**), клемму (-) к проводу "В" (сигнал датчика положения педали акселератора).
5. Проверить величину сопротивления датчика. Величина сопротивления резистивной дорожки датчика при положении педали между положениями "холостой ход" и "полное нажатие" должно находиться в пределах между **2000** и **3000 Ом**. Если величина сопротивления выходит за пределы этого диапазона, то датчик дефектен.
6. Отсоединить негативный провод мультиметра (-) от провода "В" и соединить его с проводом "А". Педаль акселератора перевести в положение "малого газа" и измерить сопротивление. В режиме холостого хода сопротивление датчика должно находиться в пределах между **1500** и **3000 Ом**.
7. Медленно нажать педаль акселератора до упора и измерить сопротивление. Величина сопротивления в положении полной нагрузки должна находиться между **250** и **1500 Ом**. Конкретное значение должно быть не менее, чем на **1000 Ом** ниже значения сопротивления, измеренного для диапазона **1500...3000 Ом** и зарегистрированного выше.
8. Подсоединить к контактам выключателя холостого хода вольтметр или полупроводниковый пробник. При нажатии на педаль акселератора до предела напряжение должно скачкообразно изменяться с **5** до **0 V**.

- Аналогично проверяется контакт полной нагрузки. Для проверки состояния резистивной дорожки вольтметр подсоединяется к выходу с подвижного движка потенциометра, при плавном нажатии на педаль акселератора уровень напряжения должен изменяться соответственно значениям осциллограммы. Если значения сопротивления выходят за пределы вышеупомянутых технических требований, то датчик дефектен и должен подлежать замене.

Если датчик положения педали акселератора выдержал вышеупомянутые испытания, то он должен быть подвергнут следующей проверке.

Проверка на короткое замыкание.

- Провод (+) измерителя присоединяется к контакту "В" разъёма датчика. Провод (-) измерителя соединяется к металлической подставке педали. Измеритель должен показать разомкнутую цепь, что соответствует значению сопротивления более **100 кОм**.
- Отсоединить положительный (+) провод измерителя и присоединить его к контакту "А". Измеритель должен показать те же значения сопротивления.
- Отсоединить положительный (+) провод измерителя и присоединить его к контакту "С". Измеритель должен показать значение сопротивления **0 Ом**. Если измеритель показывает разомкнутую цепь, сопротивление **100 кОм** и более, то TPS дефектный и должен быть заменен.

6.4.4. Измеритель массового расхода воздуха.

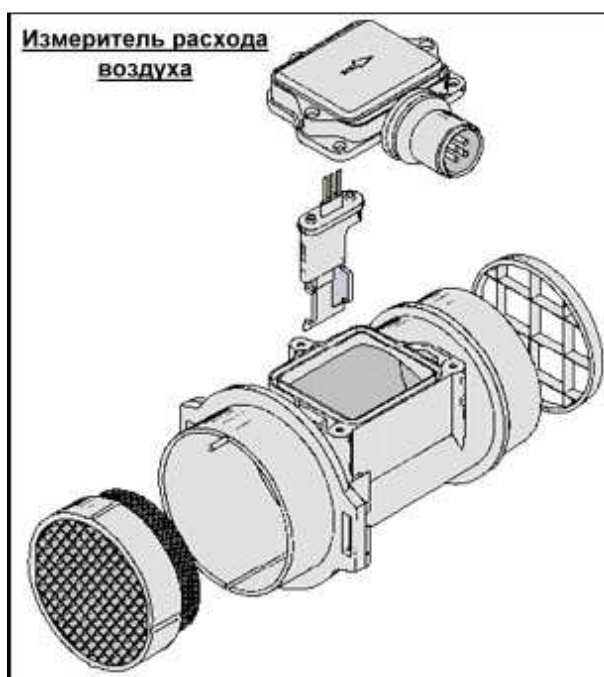
В системах управления с ТНВД VP44 массовые измерители расхода воздуха (расходомеры воздуха) применяются для обеспечения оптимальных условий функционирования системы рециркуляции EGR и ограничения дымности. На предельных режимах сигнал расхода воздуха используется для корректировки величины нагрузки. В автомобилях Audi 2,5 TDI применяются расходомеры термоанемометрического типа с пленочным нагревательным элементом, общий вид расходомера приведен на рис. 6.16. В бензиновых двигателях с системами распределённого многоточечного впрыска измерители расхода воздуха являются одним из основных датчиков [4].

Расходомер размещается на впускном трубопроводе и имеет разъем с пятью контактами. Схема размещения расходомера на двигателе приведена на рис. 6.17.

Назначение контактов расходомера:

- сигнал температуры воздуха на впуске;
- напряжение питания **12 V**;
- общий провод;
- напряжение питания **5 V**;
- сигнал расхода воздуха, **max 5 V** (**12 V** в зависимости от модификации).

Рис. 6.16. Общий вид измерителя расхода воздуха.



Выходной сигнал расходомера имеет аналоговую форму, дополнительно с расходомером снимается электрический сигнал о температуре всасываемого воздуха.

Сигналами являются уровни электрического напряжения. Во время движения автомобиля при изменении величины нагрузки и числа оборотов сигнал с расходомера кратен количеству засасываемого воздуха. При движении с постоянной скоростью и нагрузкой выходной сигнал имеет постоянный уровень напряжения с небольшими возмущениями, вызываемыми колебательными процессами в впускном тракте (см. осциллограмму 10 приложения 1).

При возникновении невосстанавливаемых отказов контроллер переходит на аварийный режим работы, при этом считывание количества воздуха происходит по умолчанию со значением **550 мг** воздуха за один рабочий ход плунжеров. Количество впрыскиваемого топлива снижается для ограничения мощности двигателя. Перед заменой вышедшего из строя расходомера воздуха должны быть проверены уровни напряжения питания расходомера **5** и **12 V**.



Проверка расходомера выполняется методом сравнения величины выходного сигнала с нормативными значениями. Так как расход воздуха пропорционален частоте вращения коленвала, то для оценки работоспособности расходомера используется выходная характеристика, устанавливающая зависимость напряжения выходного сигнала (массы воздуха) от числа оборотов.

Если уровень выходного сигнала ниже соответствующего фактической массе воздуха, то более низкому значению массы воздуха ставится в соответствие количество впрыскиваемого топлива для ограничения развиваемой мощности.

В этом случае напряжение выходного сигнала расходомера должно сравниваться с заданными величинами для различных чисел оборотов. Значения выходного сигнала при различной частоте вращения для Audi 2.5 TDI приведены в табл. 3.

Рис. 6.17. Размещение расходомера.

Если уровни сигнала расходомера ниже приведенных значений, то расходомер подлежит замене на новый.

Таблица 3. Выходной сигнал расходомера воздуха

Частота вращения двигателя, 1/мин	Напряжение выходного сигнала, V
Частота вращения ХХ	2,0...2,2
2000	3,0...3,2
3000	3,6...3,9
4000	3,9...4,1
Свободное ускорение	max 4,1...4,3

Быстрая проверка расходомера может быть выполнена имитацией ускорения и сравнением выходного сигнала с номинальным по приведенной на рис. 6.18 осциллограмме. Проверка работоспособности расходомера должна начинаться с контроля поступления

напряжения питания на контакты 2 и 4, после чего измеряется напряжение выходного сигнала на различных оборотах двигателя и сравнивается с нормативными значениями, приведенными в таблице 2.

В результате проверки напряжения сигнала при установившихся оборотах и сравнения его с нормативными значениями подтверждается работоспособность электронного модуля расходомера, линейаризация выходного сигнала и функциональные возможности. Для оценки допуска на величину сигнала используется выходная характеристика расходомера, приведенная на рис. 6.19.

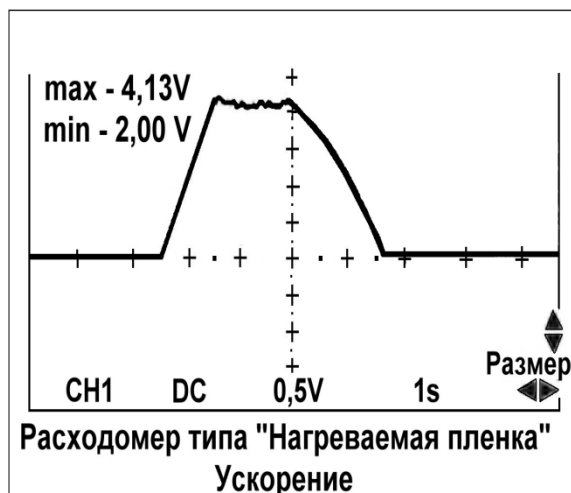


Рис. 6.18. Выходной сигнал расходомера воздуха.

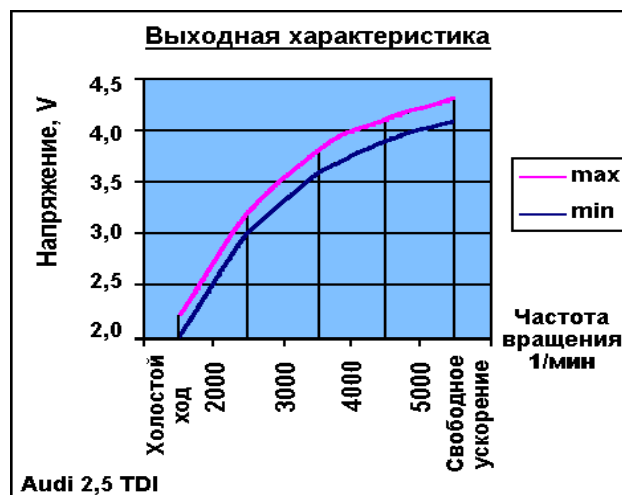


Рис. 6.19. Выходная характеристика расходомера воздуха.

6.4.5. Датчик температуры двигателя.

Датчик температуры двигателя измеряет температуру охлаждающей жидкости и представляет собой полупроводниковый температурный датчик с отрицательным температурным коэффициентом (NTC). Датчик температуры относится к типовым датчикам, применяющимся в системах управления двигателями [4]. Электрическое сопротивление датчика уменьшается при увеличении температуры измеряемой жидкости.

Таблица 4. Выходной сигнал и сопротивление датчика температуры

Температура °C	Напряжение V	Сопротивление Ом
- 10	4,3 - 4,7	8200 - 10 600
0	4,1 - 4,4	5200 - 6600
+ 10	3,7 - 4,1	3000 - 4000
+ 20	3,3 - 3,7	2200 - 2800
+ 30	2,9 - 3,3	1800 - 2100
+ 40	2,5 - 2,8	1200 - 1600
+ 50	2,1 - 2,4	900 - 1100
+ 60	1,7 - 2,1	600 - 800
+ 80	1,0 - 1,4	270 - 380

Выходным сигналом датчика является аналоговый сигнал, представляющий собой уровень напряжения, зависящего от величины изменения сопротивления чувствительного элемента датчика при изменении измеряемой температуры. Сигнал с датчика поступает

на контроллер и предназначен для распознавания температурного состояния и режимов работы двигателя, расчета дополнительного корректировочного количества топлива, необходимого для нормальной работы холодного двигателя, и запрета отдельных режимов, которые могут предприниматься на непрогретом двигателе.

Значения сопротивления датчика и величина выходного сигнала для различных значений температуры двигателя приведены в таблице 3, характеристика датчика на рис. 6.20.

Проверка датчика должна производиться при возникновении проблем при запуске холодного двигателя, повышенном расходе топлива, повышении температуры хлад-агента выше $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ во время движения на максимальной скорости, индикации неисправностей датчика системой самодиагностики. Проверка датчика выполняется стандартными способами, например нагревом датчика в подогреваемой емкости с одновременным контролем температуры жидкости и сопротивления датчика. Величина сопротивления

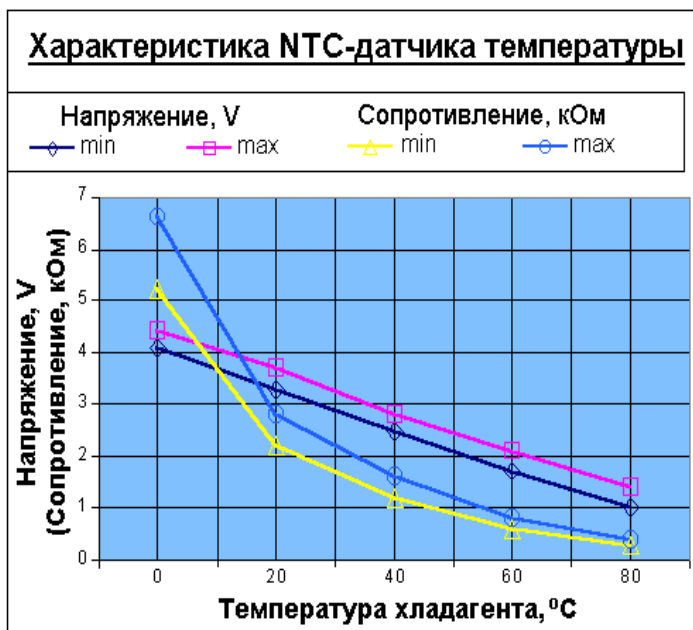


Рис. 6.20. Характеристика датчика температуры с отрицательным NTC.

должна соответствовать табличным значениям. Более точная проверка выполняется на работающем двигателе методом измерения напряжений на выходе датчика, значения которого для различных температур приведены в табл. 4.

Одновременно с проверкой датчика должна быть проверена работа и исправность термостата системы охлаждения и загрязненность радиатора.

Если двигатель перегревается свыше $112\text{ }^{\circ}\text{C}$ или датчик фиксирует повышенную температуру, то контроллер для защиты от перегрева переходит на аварийный режим управления с ограничением количества впрыскиваемого топлива.

6.5. Электромагнитный клапан управления наполнением (клапан высокого давления).

При помощи клапана управления наполнением (клапана высокого давления) устанавливается необходимая длительность открытия топливных форсунок, чем регулируется количество впрыскиваемого в цилиндры топлива. Точная проверка и регулировка клапана невозможны, поскольку сам клапан и отдельные части ТНВД расположены в его внутренних полостях и недоступны. Работоспособность и точность впрыска может быть установлена только по отношению полного комплекта ТНВД, включая его электронный модуль.

Тем не менее, измерения электрических параметров электромагнитного клапана должны проводиться в случае обнаружения ошибок в электронной или топливной системах, например во время пуска дизеля. С этой целью необходимо иметь в наличии осциллограф и токовые соединители типа разъемов или клещей, обеспечивающие подключение к токовому кабелю электронного модуля. Пример подключения на автомобиле ТНВД

Audi 2.5 TDI к электромагнитному клапану управления наполнением показан на рис. 6.21.

Целью измерений должно являться получение осциллограммы, изображенной на рис. 6.22, свидетельствующей о работоспособности контура высокого давления ТНВД, включая электронный модуль EDU. Если не удастся снять соответствующую осциллограмму, или ее форма имеет значительные искажения, то можно утверждать о наличии дефекта или отказе электронного модуля, не обеспечивающего поступление топлива в необходимом количестве.

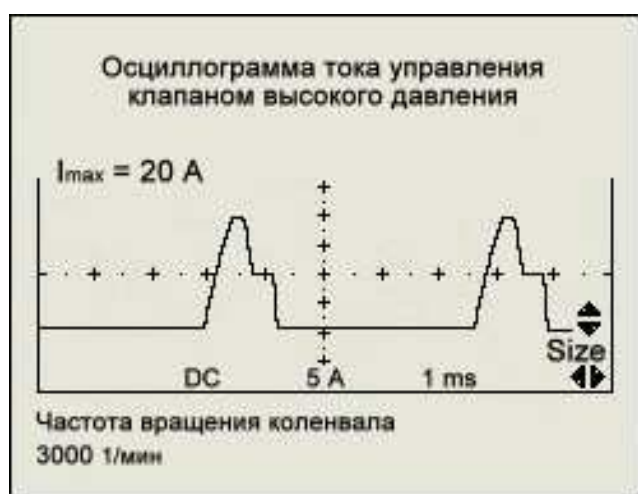
Дефект может содержаться как в самом модуле, так и в электрических цепях и устройствах системы впрыскивания топлива. Осциллограммы должны сниматься на различных частотах вращения коленвала, что позволяет отслеживать изменение длительности открытого состояния клапана, при котором осуществляется впрыск топлива.

Приведенная осциллограмма снята при частоте вращения коленчатого вала 3000 мин^{-1} , на других оборотах должна измениться длительность действия импульса t_i . В этом случае можно сделать предварительную оценку о работоспособности функции регулирования количества впрыскиваемого топлива.

Так как дефекты подачи топлива могут отмечаться на произвольных режимах работы двигателя, то целесообразно снять осциллограмму в достаточно широком диапазоне оборотов. При снятии осциллограммы необходимо обратить внимание на стабильность формы сигнала управления клапаном при изменении длительности импульсов (см. рис. 2.16).

Благодаря изменению длительности импульса тока управления изменяется количество или масса топлива, впрыскиваемого в цилиндры (см. гл. 4.2.2). Контроллер рассчитывает оптимальное количество топлива, исходя из числа оборотов двигателя и нагрузки на двигатель.

Для двигателя величиной нагрузки служит основной сигнал с датчика положения акселератора, но в некоторых моделях систем управления может применяться иной способ измерения нагрузки, например, косвенный метод по величине давления или расходу воздуха на впуске.



Контроллер рассчитывает оптимальное количество топлива, исходя из числа оборотов двигателя и нагрузки на двигатель. Для двигателя величиной нагрузки служит основной сигнал с датчика положения акселератора, но в некоторых моделях систем управления может применяться иной способ измерения нагрузки, например, косвенный метод по величине давления или расходу воздуха на впуске.

Рис. 6.22. Осциллограмма тока управления клапаном высокого давления.

При отсутствии или искажении осциллограммы необходимо проверить поступление на электронный модуль установочных параметров с электронного блока и функционирование канала CAN-Bus (см. гл. 4.2.2). В зависимости от модификации двигателя элект-



Подключение к электромагнитному клапану управления наполнением

Рис. 6.21. Присоединение к электрическому кабелю.

тронный модуль насоса соединяется с контроллером кабелем, в котором может быть 6, 7 или 8 проводов (см. гл. 6.2.2), два из которых обязательно являются силовыми и предназначенными для подвода напряжения питания **5** и **12 V**. Напряжение питания непосредственно поступает на модуль после включения замка приборов и стартера, аналогичного замку зажигания бензиновых двигателей. Обозначение контактов разъёма должно распознаваться согласно принципиальной электрической схеме электрооборудования. Вид на отсоединённую колодку электрического разъёма модуля ТНВД показан на рис. 6.23 стрелками.

Два провода кабеля являются шиной обмена информацией и предназначены для переноса CAN-сигналов (см. осциллограммы 1, 11 и 12, приложение 1). При прерывании поступления на контроллер сигналов с CAN-линии производится автоматическая проверка проводимости всех проводов кабеля и отсутствие замыканий на общий провод (массу). Сигнал расчётного количества топлива поступает в форме импульса прямоугольной формы, аналогичный осциллограмме 2 (см. приложение 1). Установочный сигнал позиции двигателя поступает на модуль в форме цифрового сигнала частоты вращения (см. осциллограмму 3, приложение 1). Осциллографирование электрических сигналов, проходящих по кабелю, позволяет сделать видимыми разрушения электрических цепей управления. Наиболее пригоден для этих целей двухканальный осциллограф, позволяющий одновременное наблюдение разных сигналов.



Вид на электрический разъём
ТНВД VP44

ЛОВ.

Рис. 6.23. Вид на электрический разъём ТНВД.

6.6. Проверка устройств управления моментом впрыска.

6.6.1. Методика проверки.

Самая оперативная информация о состоянии работоспособности устройства считывается с подсистемы самодиагностики, проверка и регулирование автомата опережения впрыска и механических устройств, влияющих на формирование начала впрыска топлива, производится в соответствии со значениями параметров по строкам 14, 15, 16 и 17 таблицы 2.

Если действительное значение начала впрыска топлива при всех условиях работы двигателя соответствует расчетному в пределах допуска, то считается, что состояние автомата опережения впрыска удовлетворительное (см. гл. 4.2.4). При обнаружении отклонений должны быть проверены основные установки топливного насоса и сигналы с датчиков. Проверка сигналов должна производиться как на измерение величин электрических параметров, так и на отсутствие возмущений сигналов. Выход из строя датчиков оперативно не обнаруживается, так как рывков в движении и видимых отклонений в работе двигателя не наблюдается.

Функции датчиков, особенно датчика числа оборотов, их работоспособность могут проверяться исключительно на основании системы самодиагностики, так как для расче-

та момента впрыска топлива используются сигналы всех датчиков, а доступ к электрическим соединениям датчика положения приводного вала возможен только при разобранном насосе.

При обнаружении дефектов датчика положения ротора ТНВД подлежит замене на новый. После установки нового насоса должно быть перепроверено давление топлива внутри и работа автомата опережения впрыска топлива. Проверка датчика температуры и ВМТ-датчика описана в соответствующих разделах.

Датчик положения приводного вала, размещенный внутри ТНВД, вырабатывает цифровой сигнал, не имеющий возмущений (осциллограмма 5, приложение 1).

6.6.2. Датчик подъема иглы форсунки.

Датчик подъема иглы устанавливается в форсунке одного из цилиндров, обычно в первом. Датчик предназначен для точного определения фактического момента начала впрыска топлива. Его сигнал используется для корректировки действительного момента начала впрыска топлива в случае, если фактический момент впрыска топлива отличается от расчетного. Приоритет отдается расчетному моменту, вследствие чего фактический момент впрыска подлежит исправлению до приведения его к значению расчетного момента впрыска топлива. Начало подъема иглы форсунки, фиксируемое датчиком, является началом фактического впрыска топлива. На двигателях автомобилей Audi-V6 датчик устанавливается в форсунке третьего цилиндра. Использование датчика является необязательным, поэтому на некоторых автомобилях, например Ford, Dodge датчик подъема иглы не устанавливается. В этом случае требуемая точность работы системы управления обеспечивается программным обеспечением.

Топливная форсунка, с установленным в ней датчиком, имеет дополнительно электрический разъем с двумя контактами. Датчик является датчиком индукционного типа с одной электрической обмоткой в виде катушки, внутри которой перемещается штифт-соленоид. Штифт приводится в действие при открытии форсунки, движение штифту передается от иглы через подвижный стержень.

Датчики хода иглы форсунки используются также в дизельных двигателях с ТНВД с осевым перемещением плунжера. Общее устройство, назначение и принцип действия датчика в этом случае не зависит от типа топливной системы. Общее устройство датчика подъема иглы для дизельных двигателей приведено на рис. 6.24.

В начале хода иглы перемещение стержня вызывает изменение положения штифта внутри соленоидной обмотки, благодаря чему изменяется индуктивность катушки, и в ней наводится ЭДС самоиндукции переменного затухающего напряжения.

Напряжение сигнала индукционного датчика зависит от скорости перемещения элемента, вызывающего изменение индуктивности обмотки, поэтому сигнал датчика отличается максимальной амплитудой напряжения при различных оборотах. Осциллограмма

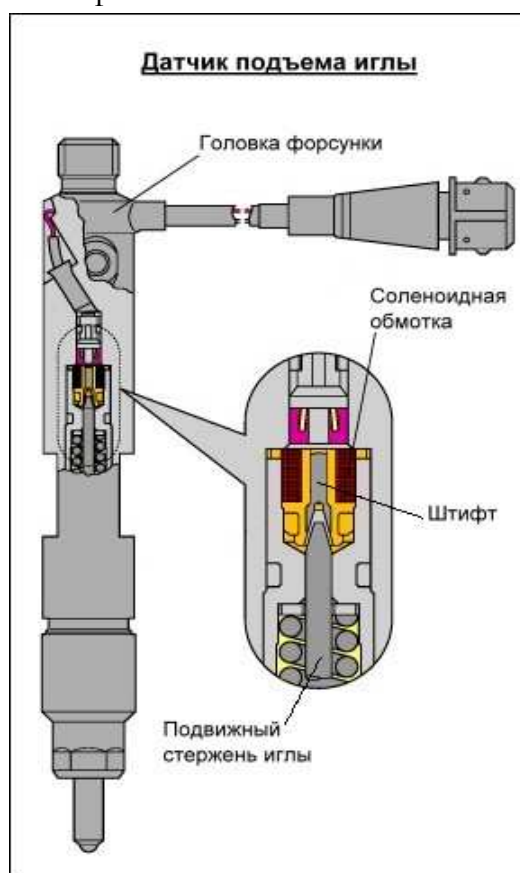


Рис. 6.24. Общий вид датчика подъема иглы форсунки.

сигнала датчика приведена на рис. 6.25. На холостом ходе при низкой частоте вращения приводного вала ТНВД и малого хода плунжеров напряжение сигнала датчика имеет невысокую амплитуду напряжения, при этом сигнал затухает очень быстро.

Минимальный уровень амплитудного напряжения, достаточный для распознавания сигнала контроллером, составляет **0,15 V**, поэтому сигнал датчика уверенно распознается во всем диапазоне частоты вращения коленчатого вала.

С возрастанием оборотов двигателя возрастают ход и скорость перемещения плунжеров, давление топлива возрастает более резко, что приводит к резкому подъему иглы топливной форсунки, благодаря чему сигнал будет иметь более высокий уровень амплитудного напряжения.



Рис. 6.25. Осциллограмма сигнала датчика подъема иглы форсунки.

Пики импульса напряжения на осциллограмме указывают последовательность хода иглы форсунки. Первый положительный импульс свидетельствует о начале открытия форсунки, в течение которого в цилиндры впрыскивается начальная порция топлива. Второй, отрицательный и больший по размаху импульс формируется во время начала закрытия форсунки, когда в цилиндры произведена инжекция основной массы топлива. Различие величин амплитуд импульсов объясняется изменением скорости хода иглы в зависимости от оборотов.

При снятии осциллограмм следует учитывать, что двухшаговый впрыск может реализовываться только для запуска холодного двигателя, и форма осциллограмм будет отличаться от приведенной. На прогретом двигателе впрыск в этом случае производится обычным образом. Проверка датчика заключается в снятии осциллограммы выходного сигнала и сравнении его формы и величины с нормативными значениями.



Вид на технологический разъем

Рис. 6.26. Общий вид технологического разъема датчика форсунки.

Свободный доступ к датчику может быть затруднен, поэтому все измерения могут проводиться с помощью промежуточного технологического штекера. Установленный для измерений технологический штекер показан на рис. 6.26.

Если сигнал отсутствует, то разъединится электрический разъем датчика от бортовой сети и проверяется электрическое сопротивление обмотки. Нормативное значение сопротивления составляет **80...120 Ом**.

Если сопротивление обмотки в норме, то следующим шагом должно проверяться поступление напряжения питания в обмотку. Напряжение проверяется при включенном выключателе приборов и стартера. Нормативное напряжение питания составляет **11...12 V**. При отсутствии напряжения питания следует проверить электрические цепи на отсутствие обрывов или ослабление контактов.

При возникновении во время движения постоянной (многократной) неисправности датчика контроллер переходит на считывание сигнала датчика подъема иглы по сигналам датчика углового положения вала и момента впрыска. Переход на аварийный режим в этом случае не выполняется, поэтому водитель не должен замечать изменений в работе двигателя. Лампа диагностики при этом не включается.

6.6.3. Электромагнитный клапан автомата управления опережением впрыска.

Электромагнитный клапан автомата управляется импульсным током переменной скважности, установочными сигналами для изменения скважности являются частота вращения, температура двигателя, нагрузка. Импульсный ток управления поступает на клапан с электронного модуля насоса.

Закрывание клапаном сливного канала происходит в момент поступления тока в электрическую обмотку. Надежное и быстрое срабатывание обеспечивается кратковременной пиковой токовой нагрузкой. Поддержание клапаном устойчивого сечения сливного канала обеспечивается прохождением тока достаточной силы при равномерной и устойчивой форме импульсов. Величина сечения канала определяется длительностью действия импульса управления или скважностью тока.

Проверка электромагнитного клапана производится наблюдением осциллограммы тока управления, поступающего на клапан с модуля при изменении одного из установочных параметров, обычно числа оборотов. Форма импульсного тока управления и соотношение длительности импульса на различных оборотах приведены на рис. 6.27.

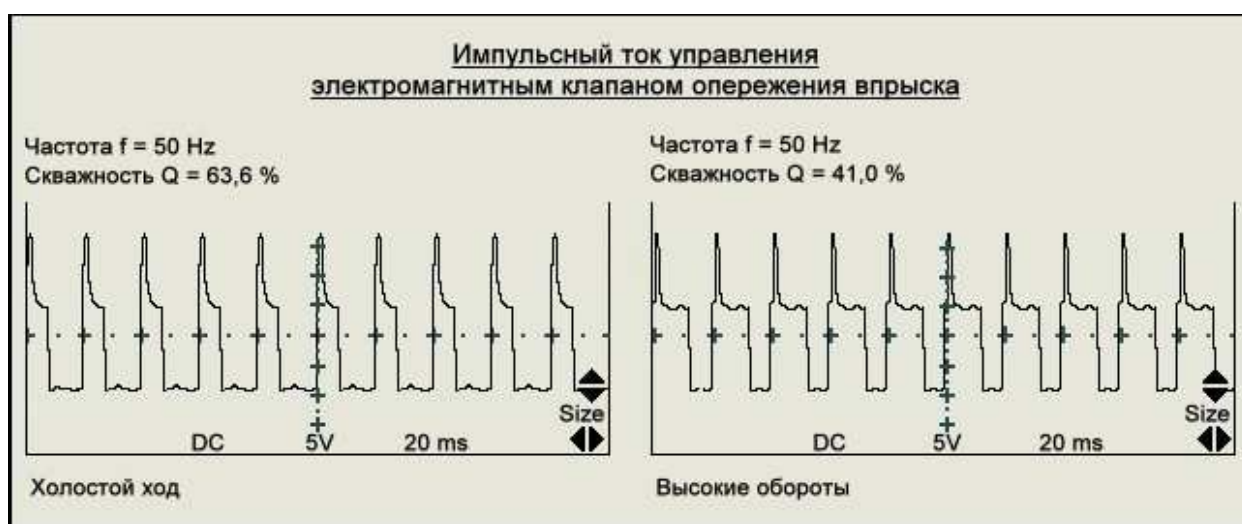


Рис. 6.27. Форма импульсного тока управления электромагнитным клапаном опережения.

На оборотах ниже средних и близких к частоте вращения на холостом ходу клапан практически не закрывает сливной канал. Скважность импульсного тока управления составляет при этом значение более $Q > 50\%$. При малой средней силе тока угловое положение кулачкового кольца составляет небольшой угол, при котором угол опережения впрыска изменяется в пределах до 10° . При увеличении частоты вращения коленвала

угол опережения впрыска должен возрасти, для чего скважность импульсного тока уменьшается $Q < 50\%$. Благодаря увеличению средней силы тока клапан закрывает сливной канал. При уменьшении скважности тока управления автомат разворачивает кулачковое кольцо на больший угол, при котором момент впрыска топлива начинает происходить в более ранние моменты времени.

В случае возникновения неисправностей и ошибочного наведения угол опережения впрыска может быть продвинут в направлении раннего момента впрыска 20° , на что двигатель реагирует отчетливым стуком. Если в результате неисправностей электромагнитный клапан остается длительно открытым, то возможно "зависание" автомата, при котором угол опережения не устанавливается на требуемое значение при изменении частоты вращения коленчатого вала. Вследствие этого понижается мощность двигателя и крутящий момент при повышении оборотов двигателя.

В случае обнаружения неисправимых дефектов автомат опережения впрыска топлива ТНВД подлежит замене на новый.

Работа электрических цепей управления впрыском может быть проверена имитацией изменения режима работы двигателя, например, температурного. С этой целью отсоединяется разъём датчика температуры двигателя и к нему подсоединяется потенциометр с номинальным сопротивлением **10 кОм**. Перемещением движка потенциометра имитируют изменение температуры, на что система управления должна реагировать изменением скважности тока управления. Подобные проверки широко применяются в диагностике бензиновых двигателей [4,5] и могут быть перенесены на дизели.

6.7. Проверка вспомогательных систем.

6.7.1. Проверка устройств турбонадува.

Давление наддува регулируется по полю признака нагрузки на двигатель, частоты вращения коленчатого вала и давления окружающей среды или атмосферного давления. На больших высотах более **1500 м** над уровнем моря, когда начинает ощущаться падение давления окружающего воздуха, требуется ограничение давления наддува в целях предотвращения перегрузки. Контроль давления осуществляется при помощи двух датчиков: датчика атмосферного давления и датчика давления воздуха на впуске.

Датчик атмосферного давления установлен непосредственно в корпусе контроллера. Проверка его работоспособности должна производиться согласно техническим параметрам по строке 32 таблицы 2. В случае обнаружения неустранимых дефектов датчика контроллер подлежит замене на новый, так как контроллер настраивается на конкретные параметры датчика и конструктивно датчик выполнен как часть его электрической схемы. Естественно, что замена контроллера вследствие неисправности датчика влечет значительные материальные расходы на ремонт.

Датчик давления воздуха на впуске установлен в корпусе воздушного охладителя и вырабатывает сигнал в виде уровня напряжения между **0,4** и **4,8 V**. Нагрузочные параметры датчика должны проверяться соответственно значениям по строкам 33 и 34 таблицы 2. Следует помнить, что таблица содержит технические параметры для автомобиля Audi 2,5 TDI, которые могут незначительно отличаться от подобных параметров других автомобилей.

На остановленном двигателе и при отсутствии перемещения воздушной массы на впуске показания атмосферного датчика и датчика давления не должны отличаться друг от друга более чем на **50 мбар (0,05 кг/см²)**. При обнаружении отклонений, превышаю-

щих допустимое значение, дефектный датчик определяется путем сравнения с показаниями контрольного манометра, класс точности которого должен соответствовать 0,5.

На работающем двигателе работоспособность датчика устанавливается при помощи кратковременных изменений действительного значения давления. В этом случае можно использовать любые технологические приспособления, позволяющие изменять величину давления в измерительном порте (шланге), через который давление сообщается датчику. Если датчик исправный, то двигатель должен реагировать на изменение давления.

Рис. 6.28. Внешняя характеристика датчика давления.



Датчик можно проверить также путем отсоединения от порта подвода давления воздушного шланга и подключения к нему ручного тарированного воздушного насоса. При помощи насоса повышается испытательное давление, а по показаниям вольтметра, подключаемого к выходу датчика, измеряется величина выходного сигнала. Напряжение сигнала должно изменяться пропорционально изменению испытательного давления согласно характеристике, приведенной на рис. 6.28.

На работающем двигателе быстрая и точная проверка датчика может также производиться путем снятия осциллограммы выходного сигнала имитацией свободного ускорения. Форма изменения сигнала работоспособного датчика в этом случае должна соответствовать осциллограмме, изображенной на рис. 6.29. Если осциллограмма датчика показывает сигнал постоянного низкого уровня напряжения или отсутствие сигнала, то их причиной может быть отсутствие поступления напряжения питания **5V**. Так как напряжение питания поступает с контроллера, то проверка уровня напряжения питания должна выполняться одновременно на двух контактах: контакте питания датчика контроллера и контакте питания датчика.

Если уровни напряжения питания на обоих контактах в норме, то причиной дефекта является датчик, который подлежит замене. Уровни напряжений на контактах питания не должны отличаться при этом более чем на **0,2 V**. Если разность напряжений превышает допустимое значение, то причиной неудовлетворительной работы датчика могут явиться ослабление или окисления контактов.

Электромагнитный клапан ограничителя наддува управляется от контроллера (см. гл. 4.3.5), поэтому несколько большую сложность представляет проверка его цепей управления.

Электромагнитный клапан приводится в действие импульсным током переменной скважности. Осциллограмма импульсного тока управления электромагнитным клапаном приведена на рис. 6.30. В нормальном состоянии на холостом ходу через обмотку клапана проходит ток незначительной силы, что подтверждается высоким уровнем скважности тока **85%** (см. табл.2, поз. 35).



Рис. 6.29. Изменение сигнала при ускорении.

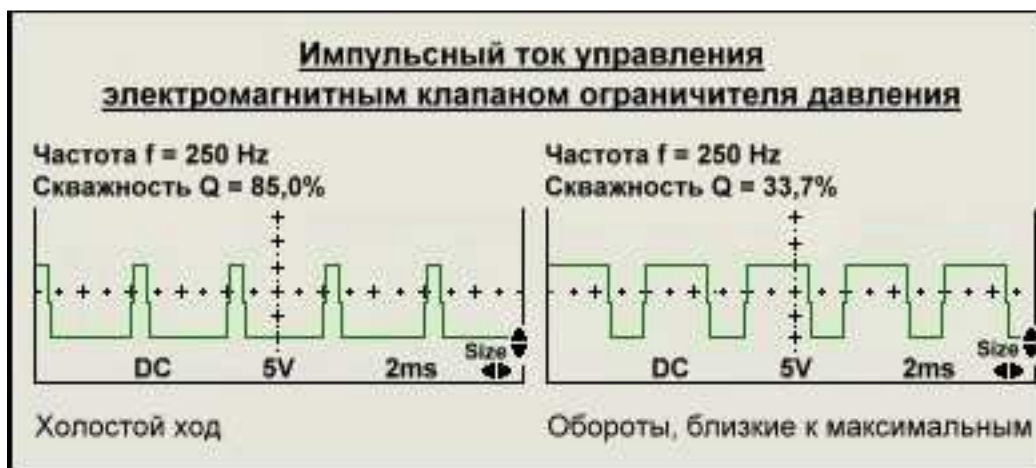


Рис. 6.30. Изменение тока управления электромагнитным клапаном.

При повышении давления наддува вследствие возрастания частоты вращения коленчатого вала скважность импульсного тока управления понижается, а средняя сила тока увеличивается, приводя к срабатыванию электромагнитного клапана. Изменение импульсного тока управления клапаном в связи с изменением оборотов двигателя изображено на рис. 6.30.

Проверка работоспособности контура регулирования наддува заключается в испытании электромагнитного соленоидного клапана и разгрузочного клапана – ограничителя давления. Вначале выполняется проверка подвижности разгрузочного клапана стандартным способом с использованием ручного тарированного воздушного (вакуумного) насоса.

При создании давления примерно **700 мбар ($0,7 \text{ кг/см}^2$)** клапан должен выполнить ход приблизительно на 10 мм. Ход клапана проверяется также с помощью имитации свободного ускорения, в этом случае работа клапана должна отчетливо ощущаться при достижении двигателем оборотов ограничения давления наддува (см. табл.2, поз 35).

Электромагнитный клапан имеет двухполюсный разъем, через который он соединяется с контроллером. Электрический разъем клапана (см. поз. 1) показан на рис. 6.31. Через разъем наиболее удобно подключать осциллограф для снятия осциллограмм. Контакты разъема обозначаются плюсовым "+" и минусовым "-" знаками. Плюсовой контакт является контактом питания, к которому подводится напряжение питания от бортовой сети <15> после выключателя приборов и стартера.

Рис. 6.31. Размещение разъемов в моторном отсеке.



Минусовой контакт является контактом, через который контроллер управляет клапаном. Контакт имеет прямое соединение с контроллером. Через минусовой контакт в обмотку клапана поступает импульсный ток переменной скважности. Для наблюдения

тока осциллограф должен быть подключен к минусовой клемме разъема и общему проводу (массе).

Если осциллограммы не наблюдаются, то следует проверить поступление напряжения питания на плюсовой контакт и обрывы в обмотке клапана. Величина полного электрического сопротивления обмотки должна составлять **15...18 Ом**. В случае обрыва должна быть заменена обмотка либо клапан полностью. В случае удовлетворительного состояния механических устройств, обмотки и поступления напряжения питания дефект должен заключаться в цепях управления.

6.7.2. Проверка работоспособности системы рециркуляция EGR.

Клапан EGR может располагаться как на впускном, так и на выпускном трубопроводе. В первом случае условия работы клапана относятся к более легким вследствие омывания его холодным воздухом, но детали клапана оказывают некоторое сопротивление потоку поступающего в цилиндры воздуха. Клапан связан с контроллером посредством отдельного кабеля с двухштекерным разъемом. Расположения штекера клапана EGR в моторном отсеке см. поз. 2, рис. 6.31.

Клапан EGR приводится в действие на режимах работы дизеля, на которых отмечаются наиболее благоприятные условия для интенсивного образования окислов азота NO_x . К ним относятся холостой ход и частичные нагрузки при оборотах двигателя до **3000 мин⁻¹**. На режиме полной нагрузки и при оборотах свыше **3000 мин⁻¹** клапан остается постоянно закрытым, чем предотвращается повышенная дымность черного выхлопа.

Проверка корректного открытия и закрытия клапана может производиться несколькими способами.

В странах ЕС с 1.10.2000 г. в качестве критерия для оперативного контроля выхлопа предписана проверка выбросов дыма при свободном (без нагрузки) ускорении. В качестве измерителей используются оптические приборы - измерители прозрачности выхлопа или поглощения светового потока, в которых используется ослабление луча света при прохождении в измерительной камере, заполненной продуктами выхлопа. Такие измерители относятся к приборам типа нефелометров, другое наименование - дымомеры, фиксирующие наличие в газах твердых частиц сажи в виде уровня концентрации. В Германии в качестве термина для оценки выбросов дыма применяется мутность выхлопа (Trübung - нем).

Методика проведения измерений должна соответствовать прилагаемым к приборам инструкциям. Вначале производится измерение выброса твердых частиц в нормальном состоянии при свободном ускорении. Пример характеристики выхлопа для автомобиля Audi 2.5 TDI приведен на рис. 6.32.

Для оценки предельных значений дымности используются следующие параметры:

- коэффициент поглощения **k**, рассчитываемый по формуле:

$$k = \ln(1 - N/100)/L, \quad (8)$$

где **N** - интервал линейной шкалы: 0 - 100,

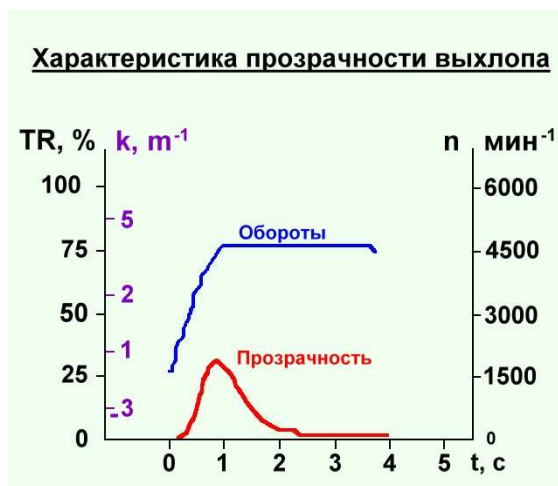


Рис. 6.32. Характеристика прозрачности выхлопа.

L - длина поглощения, м.

- коэффициент прозрачности TR ,
- число оборотов двигателя n ,
- время свободного ускорения t .

Для приведенной характеристики максимальный коэффициент поглощения составляет $k_{max} = 0,87 \text{ м}^{-1}$, время разгона $t = 0,7 \text{ с}$, отрегулированная частота вращения двигателя (достигнутые в результате ускорения обороты) $n = 4690 \text{ мин}^{-1}$.

Для следующего шага проверки клапан EGR открывается при помощи ручного вакуумного насоса и повторяется измерение выброса. Искусственное открытие клапана соответствует имитации дефекта, который можно определить как "зависание", то есть неполное закрытие, возможное при движении автомобиля.

При открытом клапане в цилиндры наряду с чистым воздухом при выполнении ускорения будет поступать часть выхлопных газов, которые ухудшают процесс полного сгорания топлива. В результате проверки следует ожидать наличие в выхлопе большего количества сажи, если система управления не способна произвести корректировку на искусственно открытое положение клапана, или изменение в количестве впрыскиваемого топлива, на что должен указывать увеличенный коэффициент поглощения k и высокое время распространения сигнала.

Характеристика

Пример характеристики, выполненной при повторном испытании приведен на рис. 6.33.

Продленное высокое время распространения сигнала указывает на то, что устройство управления распознало дефект во впускном тракте и отменило расчетное для ускорения количество впрыскиваемого топлива, введя скорректированную уменьшенную дозу впрыска. При уменьшении топливоподачи время ускорения, естественно, увеличивается.

Если в результате обеих проверок окажется, что характеристики совпадают, то это указывает на действительное "зависание" клапана, который должен подлежать замене на новый. Более упрощенная проверка заключается в контроле величины скажности тока управления преобразователем давления. Проверка выполняется на холостом ходу в соответствии со значением по строке 21 таблицы 2, при этом при открытом клапане EGR обеспечивается контроль изменения поступления в цилиндры воздуха.

Выключение на холостом ходу клапана EGR на короткие промежутки времени приводит к кратковременной активизации газа. Как только к клапану EGR поступает разрежение, приводящее к его открытию, действительная масса всасываемого воздуха должна отчетливо возрасти согласно строке 31 табл. 2, а при сбросе разрежения и повышении давления в камере клапана действительная масса всасываемого воздуха должна идти на убыль. Если в результате проверок не проявляются отчетливые изменения в массе поступающего воздуха, то причиной дефекта является клапан EGR, подлежащий замене на новый. Проверка скажности импульсов тока управления может производиться при помощи осциллографа или упрощенно вольтметром. Оба прибора присоединяются к контакту выходного сигнала расходомера воздуха.

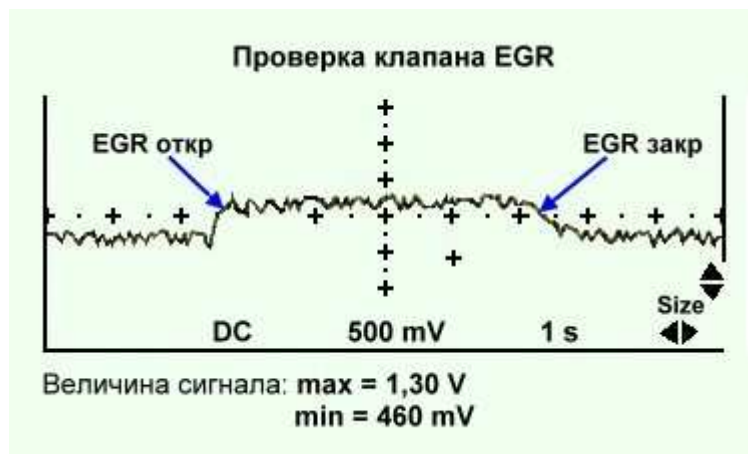
После этого камера клапана EGR должна быть соединена с ручным вакуумным насосом для имитации процесса рециркуляции. Изменяя величину разрежения на холостом ходу, добиваются открытия и закрытия клапана, при этом контроллер должен реагировать на работу системы рециркуляции, корректируя значение величины воздушного потока.



Рис. 6.33.

прозрачности выхлопа
с включенным EGR.

При нормальном состоянии клапана EGR величина выходного напряжения с расходомера воздуха должна изменяться в моменты открытия и закрытия клапана. Напряжение сигнала должно возрасти в момент открытия клапана, и понизиться после его закрытия. Осциллограмма проверочного сигнала расходомера воздуха при тестировании клапана EGR приведена на рис. 6.34.



6.34. Проверочный сигнал расходомера воздуха.

манометр должен показывать отсутствие давления. Если измерения не приносят никаких удовлетворительных результатов, то эффективность управления клапаном должно проверяться путём измерения скважности тока управления преобразователем низкого давления (линейного клапана) согласно строке 21 таблицы 2. Функционирование системы рециркуляции на различных режимах работы двигателя приведено в гл. 4.3.1.

На холостом ходу и оборотах ниже 2000 мин^{-1} ток управления должен иметь скважность в пределах $Q = 45...25\%$, что соответствует включённому положению клапана EGR, при котором в цилиндры поступает часть выхлопных газов (см. приложение 1, осциллограмма 8).

При возрастании оборотов на преобразователь давления должен поступать ток меньшей скважности, а при превышении значения 3000 мин^{-1} практическая величина скважности должна составлять $Q = 5...10\%$. Ток управления будет иметь значение, при котором с преобразователя на клапан EGR поступает управляющее давление, закрывающее клапан (см. приложение 1, осциллограмма 9). В этом случае клапан EGR отключает трубопровод рециркуляции, и в цилиндры прекращается поступление рециркулируемых газов. Значение скважности импульсного тока управления преобразователем $Q = 5...10\%$ соответствует запрету рециркуляции.

Одной из неисправностей может быть обрыв или межвитковое замыкание обмотки электропневматического преобразователя низкого давления.

Номинальное электрическое сопротивление обмотки преобразователя $15...18 \text{ Ом}$, которое проверяется через разъединенный электрический разъем.

6.7.3. Обслуживание WIF-датчиков.

После длительной эксплуатации эффективность Water-In-Fuel-датчика (WIF) на считывание присутствия воды в топливе может снизиться, если его чувствительные модули подвергнутся загрязнению. Загрязняющие вещества из топлива могут изолировать сенсорные элементы WIF, что приводит к запаздыванию освещения диагностической лампы «Вода в топливе».

Для обеспечения безотказной работы датчика требуется обязательная очистка сенсоров датчика при плановом или вынужденном обслуживании топливной системы и топлив-

Управление клапаном EGR проверяется при помощи манометра, который подсоединяется к шлангу низкого давления через тройник. В этом случае на различных оборотах проверяется величина давления по манометру. На оборотах холостого хода и частичных нагрузках до 3000 мин^{-1} манометр должен показывать низкую величину давления. При повышении частоты вращения свыше 3000 мин^{-1} и при полной нагрузке манометр должен показывать отсутствие давления.

Рис. 6.34

ного фильтра. Очистка производится чистой мягкой тканью. Размещение сенсоров датчика резистивного типа в топливном фильтре на примере автомобиля Dodge Cummins приведено на рис. 6.35.

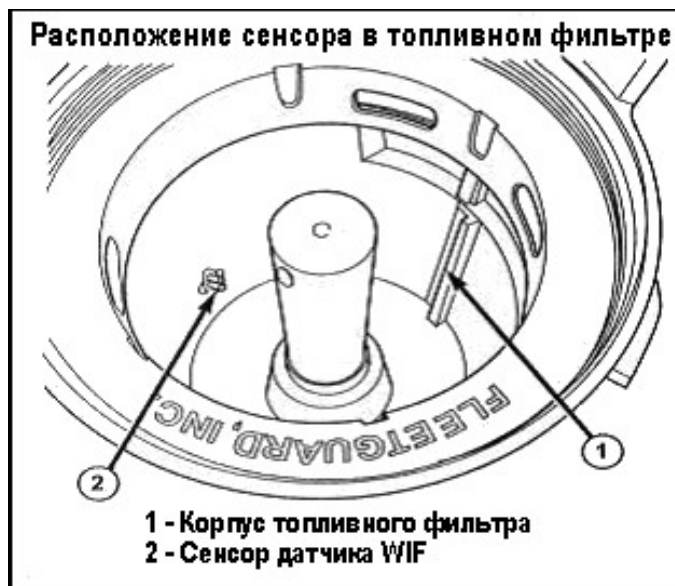


Рис. 6.35. Размещение сенсора в фильтре.

6.7.4. Обслуживание дистанционного акселератора.

Обслуживание дистанционного акселератора сводится к выбору и установке необходимой частоты вращения коленвала на холостом ходу.

Для установки желаемой частоты вращения на холостом ходу необходимо выполнить простые операции:

- ослабить контргайку на измерительном потенциометре;
- повернуть потенциометр в направлении повышения оборотов (по часовой стрелке) или понижения (против часовой стрелки);
- контролировать частоту вращения коленвала по штатному тахометру на приборной панели;
- зафиксировать новое положение потенциометра контргайкой.

Внимание! Выключатель холостого хода перед остановкой двигателя должен быть выключен.

Дефекты дистанционного акселератора обнаруживаются системой диагностики, при обнаружении дефектов акселератор подлежит замене на новый.

6.7.5. Обслуживание подкачивающего насоса.

Контур циркуляции топлива включает в себя топливный бак, топливный фильтр, электрический подкачивающий насос, контур низкого давления ТНВД и сливную магистраль от ТНВД к топливному баку (см. рис. 1.4). Подкачивающий насос управляется контроллером ECU, обеспечивающим двухрежимный цикл работы насоса. Ток управления – импульсный ток переменной скважности. Режимы изменяются за счет модуляции тока управления. В режиме максимальные обороты насос обеспечивает максимальную производительность и на него поступает максимальный постоянный ток. В режиме средних оборотов сила тока насоса понижается путем прохождения импульсного тока,

средняя сила которого ниже по сравнению с максимальным током. Этим уменьшается производительность насоса и предупреждается создание сверхдавления. Ограничение нагнетаемого давления топлива необходимо для предупреждения нарушения нормальной инжекции топлива со стороны ТНВД. Расположение подкачивающего насоса на двигателе показано на рис. 6.36 на примере автомобиля Dodge Cummins.

Способ определения циркуляции топлива в контуре заключается в проверке давления



Рис.6.36 . Расположение насоса на двигателе.

накачки топлива при работающем на средних оборотах подкачивающем насосе. Если давление топлива в контуре подачи топлива выше $0,35 \text{ кг/см}^2$ или $0,345 \text{ бар}$, то топливоподающий контур находится в исправном состоянии и обеспечиваются смазка деталей ТНВД и теплоотвод, если давление топлива меньше указанного, то дефекты контура топливоподачи имеются, что должно сказаться на снижении развиваемой мощности по причине недостаточности поступления топлива.

Другой способ проверки работы подкачивающего насоса заключается в проверке скважности импульсного тока управления.

Скважность наблюдается при помощи подключенного осциллографа на низких оборотах. Форма импульсного тока аналогична току управления системой рециркуляции (см. осциллограмму 8 приложения1), амплитудное напряжение импульса при этом должно составлять 12V . При увеличении частоты вращения коленвала скважность должна уменьшиться до предела или ток должен быть постоянным.

6.7.6. Контроль уровня топлива в топливном баке.

Контроль уровня топлива обеспечивается электрическим датчиком, размещенным в топливном баке. Датчик уровня топлива резистивного типа и представляет собой потенциометр с движком, перемещаемым топливным поплавком.

Датчик соединяется с контроллером ECU при помощи отдельной трехпроводной связи. Один провод используется для питания датчика напряжением 12V , второй провод служит для соединения с общим проводом («массой»), третий провод является сигнальным. При подключении электрического разъема выходной сигнал изменяется от $0,6\text{V}$ при полностью заполненном баке («FULL») до $7,0\text{V}$ при выработанном до минимального значения уровне топлива («EMPTY»).

Резистивная дорожка датчика используется для изменения напряжения (сопротивления) в зависимости от переменного уровня топлива в баке. При увеличении уровня топлива поплавков и рычаг перемещают движок потенциометра в направлении уменьшения напряжения, наоборот, при уменьшении уровня топлива поплавков и рычаг перемещают движок в направлении увеличения напряжения.

Изменяемый сигнал напряжения направляется на контроллер ECU, в котором величина напряжения интерпретируется в уровень топлива. С выхода контроллера поступает сиг-

нал на контрольную панель для отображения уровня топлива показывающим прибором. Одновременно сигнал уровня топлива используется системой диагностики.

6.8. Бортовая диагностика.

6.8.1. Определение неисправностей.

Контроллер постоянно обеспечивает проверку входных и выходных сигналов и функционирование электрических цепей системы управления. Контроллер имеет программное обеспечение, позволяющее выявлять неисправности на остановленном двигателе и во время движения. Поиск неисправностей контроллером производится путём сравнения фактической величины контролируемого сигнала с допустимым значением. Выход контролируемых параметров за установленные границы расценивается как наличие неисправности.

Все неисправности, возникающие в процессе работы дизеля, фиксируются и запоминаются в памяти электронного блока. Сигнализация обнаруженных неисправностей производится посредством двух индикаторов желтого и красного цветов, расположенных на щитке приборов в кабине водителя.

Каждая неисправность имеет определение и собственный код (числа от 13 до 799). Все неисправности разделяются на типы, среди которых выделяют текущую, однократную и многократную (неустранимую). Коды неисправностей для двигателя Cummins ISB смотри в приложении 3.

Текущая неисправность – это неисправность, присутствующая в любой текущий момент времени.

Однократная неисправность - это неисправность, зарегистрированная контроллером хотя бы один раз в течение двух минут работы системы диагностики. Информация об однократной ошибке хранится в памяти электронного блока в течение примерно двух часов, после чего автоматически удаляется.

Многократная неисправность – это неисправность, обнаруживаемая контроллером за интервал времени, превышающий две минуты. Информация об этой неисправности хранится в памяти блока управления постоянно до отключения аккумуляторной батареи. Удалить из памяти код неисправности можно только путём устранения дефекта.

Все неисправности по своему влиянию на работу дизеля расцениваются на опасные и безопасные. Каждая неисправность, соответственно, индицируется зажиганием индикатора красного или жёлтого цветов.

6.8.2. Диагностическая цепь.

Диагностическая цепь обеспечивает связь электронного блока управления с датчиками и исполнительными устройствами, по диагностической цепи обеспечивается прохождение электрических сигналов, предназначенных для анализа работы системы управления. Для оценки состояния готовности системы диагностики и для решения проблем работоспособности во время движения автомобиля используются четыре индикатора диагностики желтого и красного цветов.

В состав диагностической цепи входят:

- электронный блок управления и электронный модуль управления ТНВД
- источники диагностической информации;

- диагностический разъём для подсоединения адаптера;
- цифровой канал обмена информацией CAN-BUS;
- провода от контактов блоков управления к выключателю и индикаторам диагностики;
- диагностические индикаторы. Работу двух диагностических индикаторов дополняют индикатор (лампа) технического обслуживания и индикатор наличия воды в топливе.

В рабочем режиме и при включении выключателя приборов и стартера жёлтый индикатор диагностики вспыхивает на время примерно **0,6 с** и гаснет, если система диагностики не обнаруживает неисправностей. Если один из индикаторов диагностики загорается при работающем двигателе и не гаснет, то необходимо провести техническое обслуживание двигателя и системы управления в возможно короткие сроки.

6.8.3. Внешний диагностический режим.

Условиями для выполнения внешнего диагностического режима является положение «Вкл» выключателя приборов и стартера и положение «Вкл» выключателя диагностики.

Если при движении автомобиля жёлтый индикатор начинает вспыхивать, то его вспышки будут означать обнаружение дефекта, не угрожающего безопасности движения. Вспышки происходят в начале прохождения кодовой последовательности дефекта. Если во время движения будет вспыхивать красная лампа, она высветит 3-значный код активного опасного дефекта.

Если код дефекта зарегистрирован, то лампы диагностики загораются в следующей последовательности:

- вспышка жёлтого светового сигнализатора.
- короткие паузы длительностью **1-2 с**.
- вспышка красного светового сигнализатора, при которой происходит высвечивание 3-значного кода дефекта красной лампой с короткими **1-2 с** паузами между каждым знаком.

Когда номер кода закончит высвечиваться красным индикатором, вновь произойдёт вспышка жёлтого светового сигнализатора, но при этом он высветит повторно 3-значный код в той же самой последовательности.

Каждый световой код высвечивается два раза перед высвечиванием следующего кода, если он существует. Если зарегистрирован только один код, система будет непрерывно показывать один и тот же код.

В случаях отказа от использования системы диагностики выключатель диагностики переводится в положение "Выкл".

Если во время движения выключатель находится в положение "Вкл" и условия эксплуатации двигателя оцениваются контроллером как нормальные, то система диагностики ECU не будет индексировать и отображать никаких кодов.

6.9. Динамические регулировки.

Динамические регулировки применяются для решения проблем работоспособности автомобиля во время движения. Регулировки производятся с использованием принципиальной электрической схемы электрооборудования, в которой содержатся обозначения необходимых контактов на датчиках и исполнительных устройствах.

6.9.1. Частота вращения коленвала на холостом и ускоренном холостом ходу.

Обороты холостого хода 700 мин^{-1} регулируются и устанавливаются на заводе-изготовителе. Обороты ускоренного холостого хода 1000 мин^{-1} устанавливаются автоматически в режиме исправления ошибок, управляемом блоком управления ECU.

ECU заставит двигатель остановиться после завершения периода холостого хода, если не было перед этим никакого воздействия на педаль управления акселератором. Этот период может быть в пределах между 5 и 30 минутами, в зависимости от определенного конкретного значения, которое запрограммировано при изготовлении ECU.

За тридцать секунд до остановки двигателя загорается жёлтый предупредительный сигнал на панели приборов. Если водитель желает, чтобы двигатель продолжил работу на холостом ходу, ему просто необходимо коснуться педали управления акселератором или педали тормоза. Как только это будет выполнено, автоматическая остановка системы больше не будет функционировать до начала движения автомобиля.

Автоматическая остановка двигателя на холостом ходу может функционировать только на прогревом двигателе при температуре охладителя не ниже 38°C (100°F).

6.9.2. Дроссельное регулирование.

Расход топлива при поступлении к цилиндрам управляется электронным блоком управления ECU. Для расчёта требуемой дозы топлива ECU принимает сигнал от датчика положения педали акселератора (TPS), установленного на задней стороне педали. Датчик питается постоянным током напряжением 5V . Этот уровень напряжения изменяется на выходе в сторону уменьшения и направляется на один из входов.

При отпущенной педали управления активизируется выключатель холостого хода IVS (Idle Validation Switch), являющийся частью датчика TPS. Выключатель предназначен для подтверждения режима холостого хода, при котором педаль акселератора находится в положении малого газа. При переходе на нагрузочные режимы сигнал выключателя предназначен для подтверждения окончания холостого хода. Функция IVS заключается в этой связи в обеспечении надёжности в случае "зависания" педали акселератора или отказах в электрических цепях при передаче сигнала с датчика к ECU.

В подобных случаях ECU вынудит двигатель перейти на работу только в режиме холостого хода, исключая "акселерацию", то есть активное движение.

В то же время один из кодов дефектов, касающихся системы IVS, будет сопоставляться с характером неисправности, и на лампе диагностики приборной панели будет отображен один из кодов 431, 432 или 556.

6.9.3. Верхний предел скорости автомобиля.

Максимальная эксплуатационная скорость автомобиля предварительно устанавливается на заводе-изготовителе на основании размера шин колес, передаточном отношении трансмиссии и желания потребителя. Эта скорость не может быть изменена в эксплуатации без специального программного обеспечения и электронных сервисных инструментальных средств.

Поскольку автомобиль приближается к верхнему пределу скорости за счёт увеличения подачи топлива, то скорость может быть ограничена путем лимитирования максимальной впрыскиваемой дозы топлива. Если автомобиль развивает при некоторых благоприятных условиях скорость, превышающую допустимую, то ECU начинает понижать

мощность за счёт снижения топливоподачи из расчёта ступенчатого снижения скорости на **5 км/час (3 mph)**.

В результате изменения условий эксплуатации скорость может быть восстановлена также ступенчато с постепенным её наращиванием на **5 км/час (3 mph)**. Скорость будет восстанавливаться до верхнего запрограммированного значения.

6.9.4. Защита двигателя.

Двигатель развивает максимальный крутящий момент на определенных частотах вращения коленвала, которые обычно находятся в диапазоне, близком к половине от максимальной частоты вращения, например **2400 мин⁻¹** или **2200 мин⁻¹** при максимальной частоте вращения **5000 мин⁻¹**.

Одна из функций ECU относится к защите двигателя и заключается в приведении оборотов к значению, соответствующему величине крутящего момента, что обеспечивает поддержание оптимального давления в системе смазки, предотвращение перегрева двигателя и предотвращение повышения температуры воздуха на впуске. Указанные проблемы могут возникнуть в случае падения частоты вращения коленвала из-за перегрузки.

Если это происходит, то на одном из четырёх световых индикаторов вспыхивает жёлтый предупредительный сигнал, соответствующий возникшей проблеме. Одновременно ECU увеличивает подачу топлива к форсункам, компенсируя снижение мощности и предотвращая падение оборотов. Увеличение подачи топлива должно привести к повышению частоты вращения и приведению к норме эксплуатационных параметров. Система диагностики ECU должна фиксировать отсутствие проблемы, что наблюдается по гашению предупредительного сигнала на световом индикаторе.

Блок управления ECU принимает поступающие от датчиков сигналы, контролирующие чистоту топлива, давление наддува, температуру охладителя, температуру воздуха на впуске и другие параметры. Количество контролируемых параметров и расположение датчиков определяется модификацией двигателя. В качестве примера элементов защиты двигателя служит система, применяемая на автомобилях Dodge Cummins.

Датчик, контролирующий температуру воздуха на впуске, расположен в канале между нагревателем воздуха и турбонагнетателем. Датчик температуры двигателя расположен ниже в верхнем бачке радиатора. Датчик наличия воды в топливе размещен в топливном фильтре.

Если выходной параметр, поступающий с одного из этих датчиков, опускается ниже или повышается выше допустимого предела рабочего диапазона, то система диагностики ECU выдаст жёлтый предупредительный сигнал на одном из световых индикаторов. Данный сигнал предназначен для предупреждения водителя о наличии потенциальной проблемы.

При загорании красного сигнала водитель предупреждается о реальной опасности, угрожающей двигателю или безопасному движению. Водитель в этом случае должен остановить движение и принять срочные меры по устранению неисправностей.

При высвечивании жёлтого предупредительного сигнала мощность двигателя может быть снижена ECU в зависимости от серьезности проблемы, а при загорании красного сигнала двигатель может быть остановлен.

В момент загорания сигналов диагностики ECU регистрирует диагностический код дефекта в его памяти. Возникшая неисправность распознается с помощью выключателя диагностики или при помощи сервисных программных средств и инструментального оснащения.

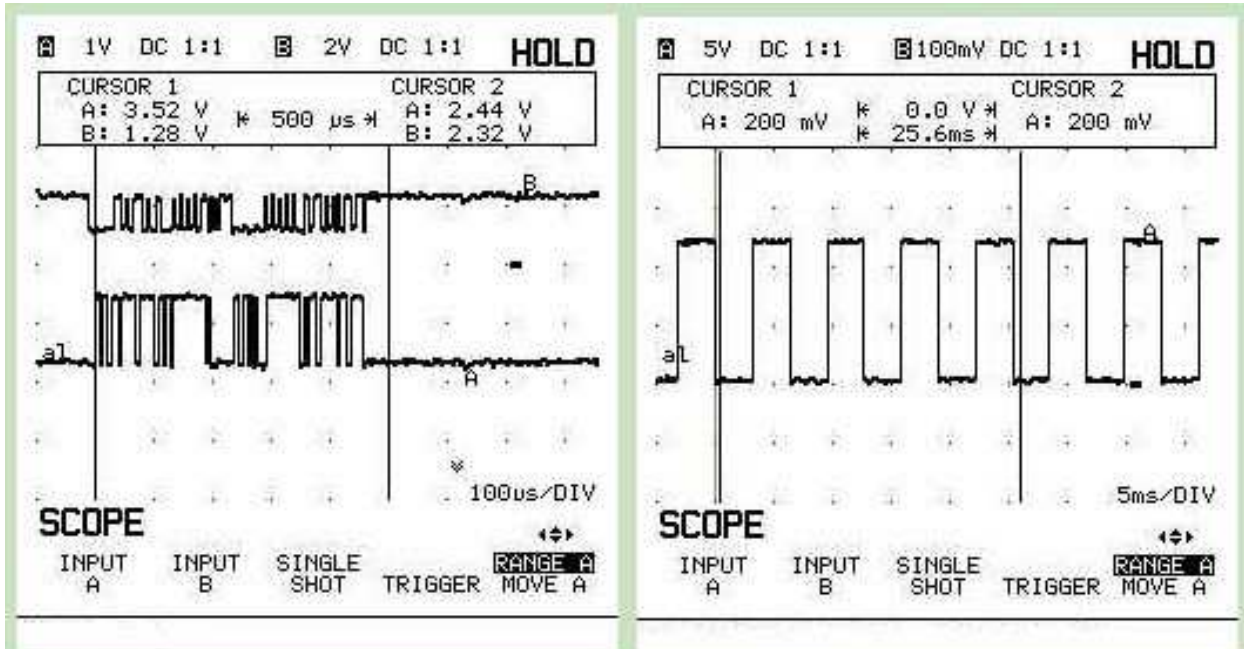
Приложения



Приложение №1
Приложение №2
Приложение №3

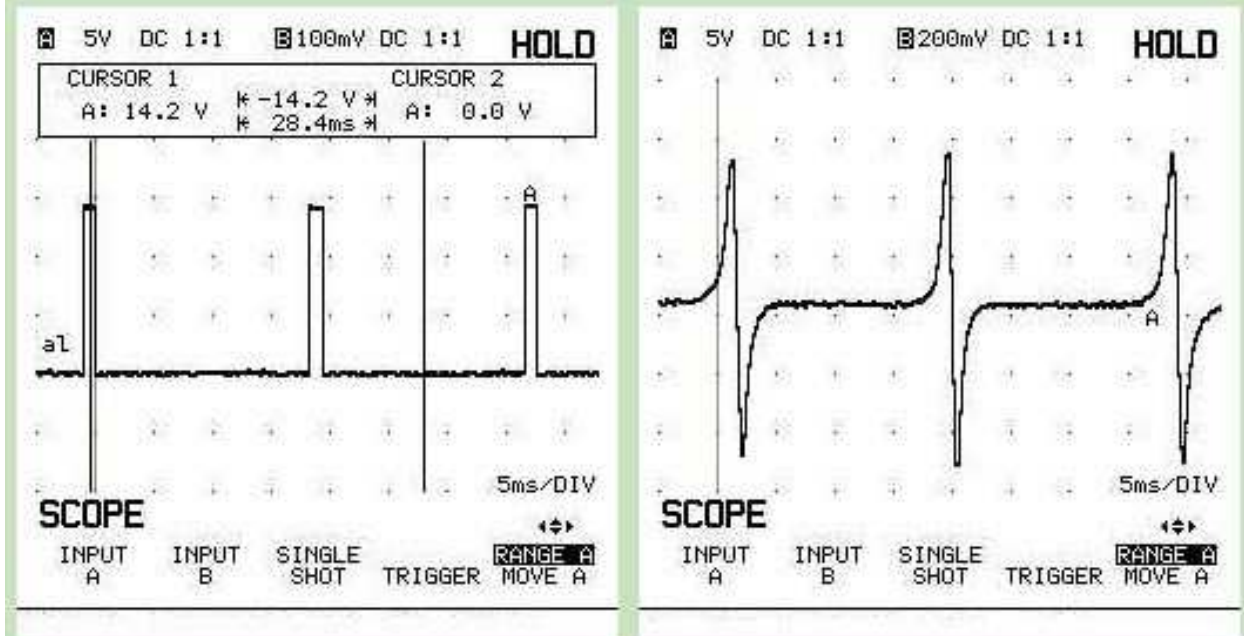
Приложение 1

Оциллограммы сигналов управления.



① CAN 1&2

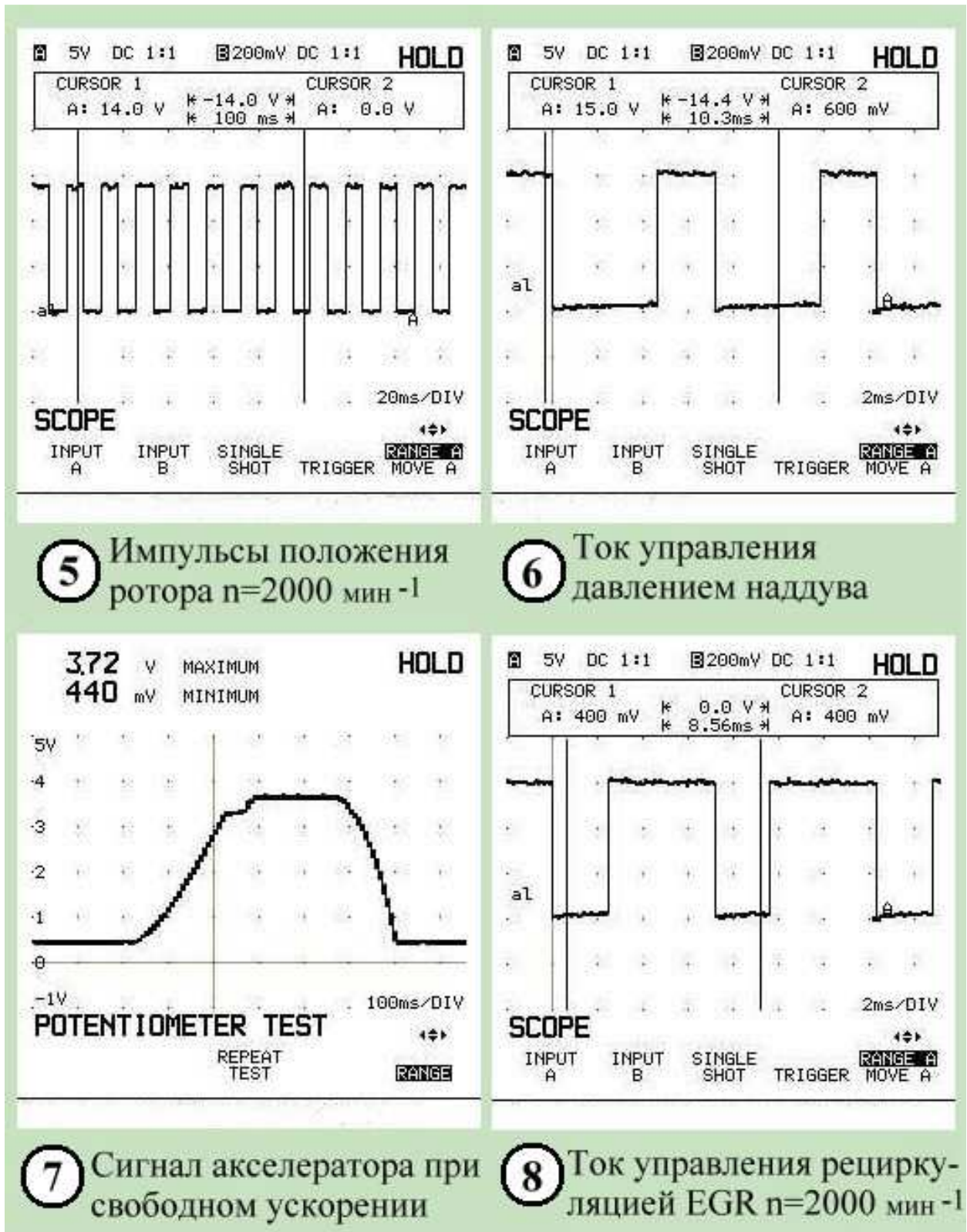
② Скорость автомобиля
40 км/час



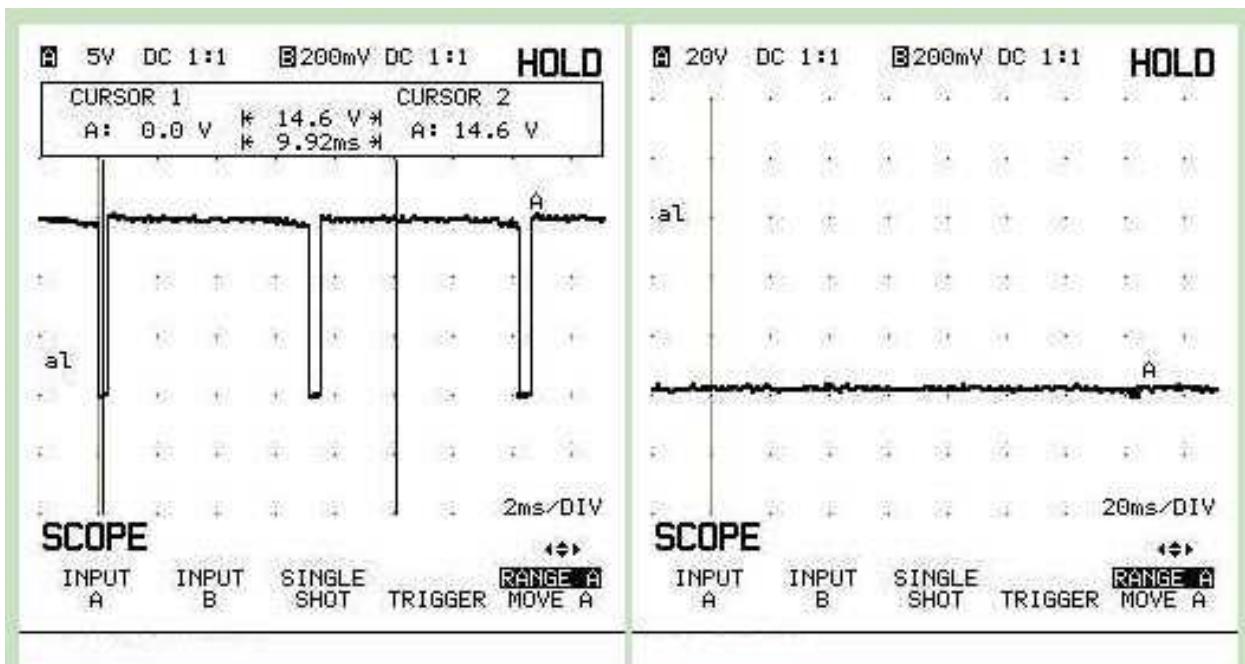
③ Цифровой
сигнал ВМТ

④ Сигнал
датчика ВМТ

Приложение 1. Продолжение

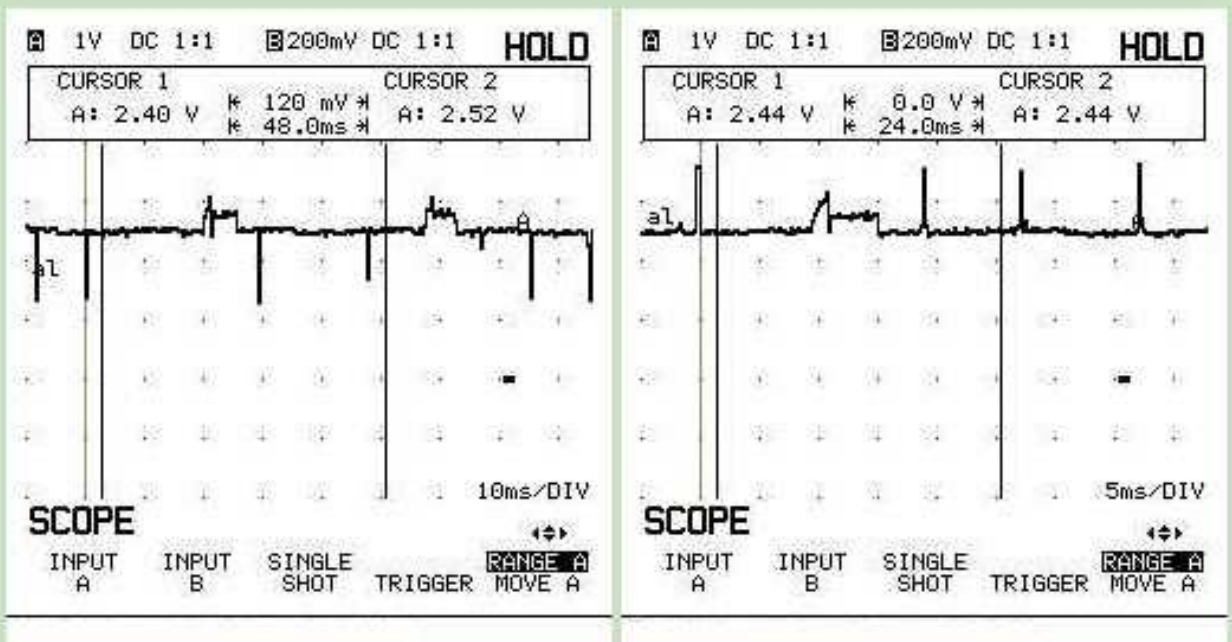


Приложение 1. Продолжение



9 Ток запрета рециркуляции EGR $n > 3000 \text{ мин}^{-1}$

10 Сигнал расходомера воздуха $n = \text{Const}$

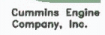
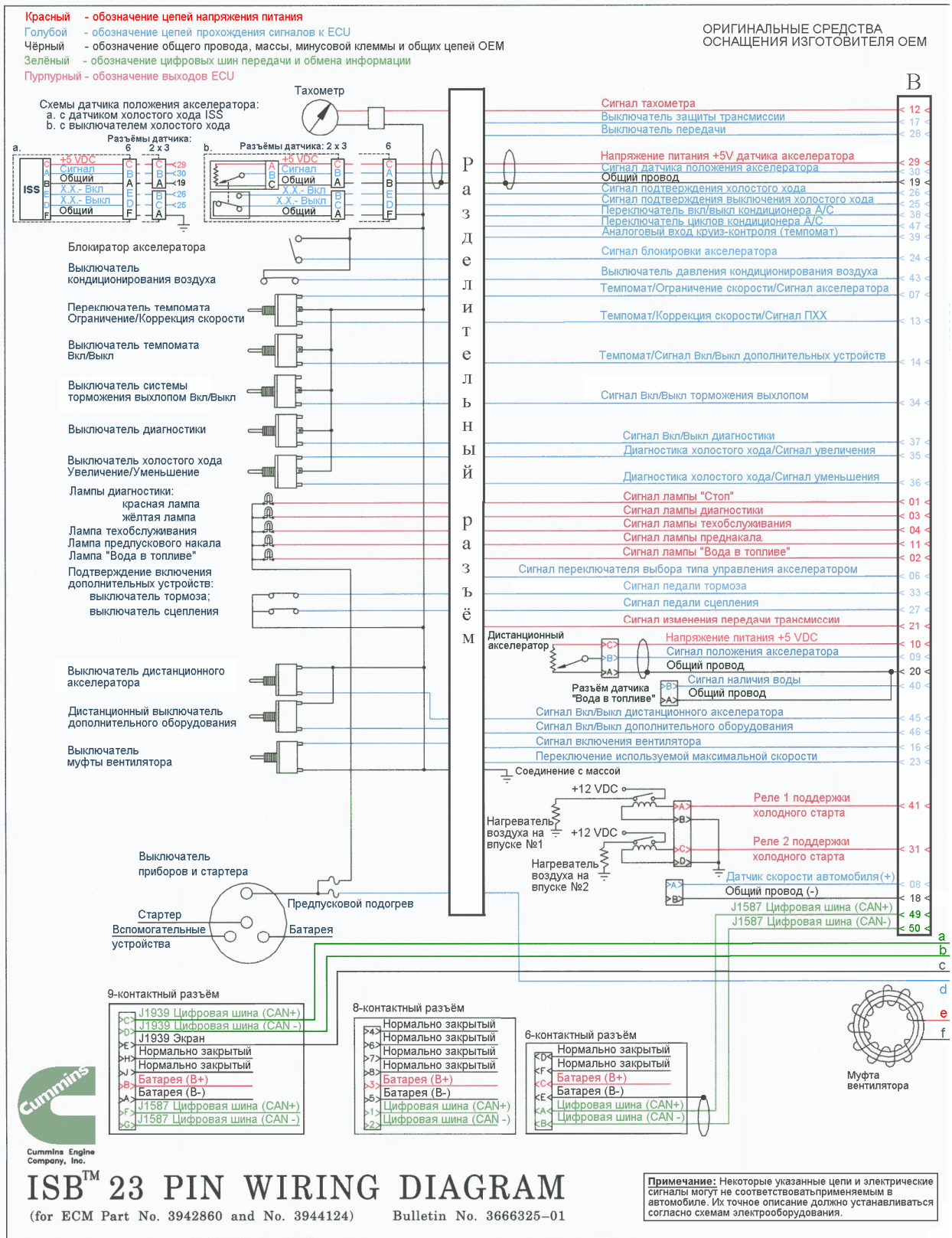


11 CAN-BUS от ECU к EDU

12 CAN-BUS от EDU к ECU

Приложение 2

Принципиальная электрическая схема ISB Dodge Cummins. Лист 1

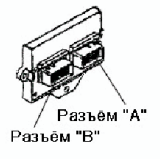
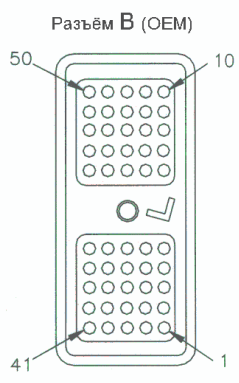
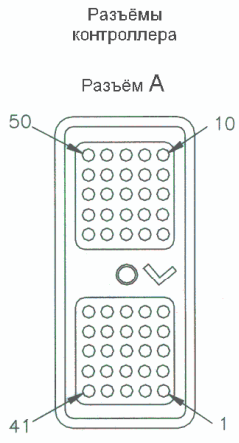
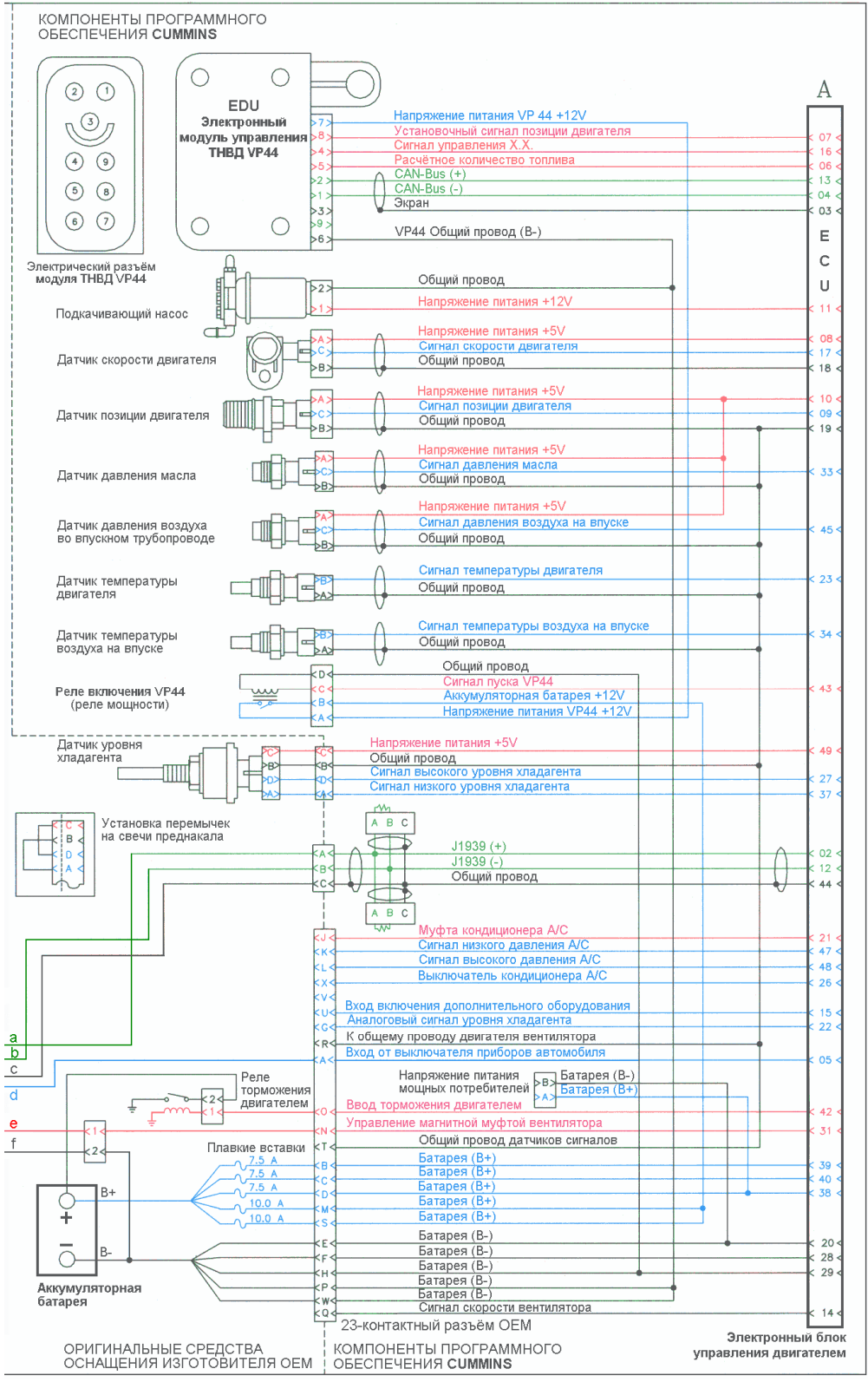


Cummins Engine Company, Inc.

ISB™ 23 PIN WIRING DIAGRAM
 (for ECM Part No. 3942860 and No. 3944124) Bulletin No. 3666325-01

Примечание: Некоторые указанные цепи и электрические сигналы могут не соответствовать применяемому в автомобиле. Их точное описание должно устанавливаться согласно схемам электрооборудования.

Принципиальная электрическая схема ISB Dodge Cummins. Лист 2



Приложение 3

Коды диагностики ISB Dodge Cummins

Код дефекта	Причина	Признак дефекта (Только при активности кода дефекта)
111 Желтый	Внутренняя аппаратная ошибка ECU	Двигатель не подает признаков работы или работа двигателя не распознается в самом начале старта
115 Желтый	Сигнал частоты вращения двигателя или сигнал позиции не поступает на контакт 17 разъёма контроллера	Двигателя не развивает необходимую мощность Возможно появление белого дыма
122 Желтый	Высокое напряжение сигнала датчика давления наддува на контакте 45 контроллера	Двигатель может уменьшить скорость за счет уменьшения подачи топлива
123 Желтый	Низкое напряжение сигнала датчика давления наддува на контакте 45 контроллера	Двигатель может уменьшить скорость за счет уменьшения подачи топлива
124 Желтый	Сигнал давления наддува на впуске указывается контакте 45 контроллера, но давление наддува превысило максимальный предел для данного режима работы	Двигатель может уменьшить скорость за счет уменьшения подачи топлива
131 Желтый	Высокое напряжение сигнала от датчика положения педали акселератора на контакте 30 OEM	На холостом ходу двигателя, когда с выключателя акселератора поступает сигнал подтверждения холостого хода, скорость двигателя устанавливается по умолчанию и соответствует значениям, лежащим вне диапазона скоростей холостого хода
132 Желтый	Низкое напряжение сигнала от датчика положения педали акселератора на контакте 30 OEM	На холостом ходу двигателя, когда с выключателя акселератора поступает сигнал подтверждения холостого хода, скорость двигателя устанавливается по умолчанию и соответствует значениям, лежащим вне диапазона скоростей холостого хода
135 Желтый	Высокое напряжение сигнала от датчика давления масла на контакте 33 контроллера	Недостаточное значение, используемое для давления масла Отсутствует защита двигателя по давлению масла
141 Желтый	Низкое напряжение сигнала от датчика давления масла на контакте 33 контроллера	Недостаточное значение, используемое для поддержания давления масла Отсутствует защита двигателя по давлению масла

Приложение 3. Продолжение

Код дефекта	Причина	Признак дефекта (Только при активности кода дефекта)
143 Желтый	Сигнал датчика давления масла указывает, что давление масла ниже нижнего предела защиты двигателя	Резкое падение мощности и возможная остановка двигателя в результате срабатывания системы защиты
144 Желтый	Высокое напряжение сигнала от датчика температуры хладагента (двигателя) на контакте 23 контроллера	Для температуры хладагента используется значение по умолчанию Отсутствует защита двигателя по температуре хладагента
146 Желтый	Сигнал датчика температуры хладагента указывает, что температура охладителя превысила предел защиты двигателя	Резкое падение мощности и возможная остановка двигателя в результате срабатывания системы защиты
151 Красный	Сигнал датчика температуры хладагента указывает, что температура охладителя превысила предел защиты двигателя	Резкое падение скорости двигателя и возможная остановка двигателя в результате срабатывания системы защиты
153 Желтый	Высокое напряжение сигнала от датчика температуры воздуха во впускном трубопроводе на контакте 34 контроллера	Для температуры воздуха во впускном трубопроводе используется значение по умолчанию Отсутствует защита двигателя по температуре воздуха во впускном трубопроводе
154 Желтый	Низкое напряжение сигнала от датчика температуры воздуха во впускном трубопроводе на контакте 34 контроллера	Для температуры воздуха во впускном трубопроводе используется значение по умолчанию Отсутствует защита двигателя по температуре воздуха во впускном трубопроводе
155 Красный	Сигнал датчика температуры воздуха во впускном трубопроводе показывает, что температура воздуха на впуске превышает верхний предел защиты двигателя	Резкое падение скорости двигателя и возможная остановка двигателя в результате срабатывания системы защиты
191 Нет	Ошибка обнаружена во вспомогательной электрической цепи управления <1> на контакте 21 контроллера	Вспомогательные устройства или соединения, управляемые этой цепью, функционируют с ошибками
234 Красный	Сигнал с датчика частоты вращения коленвала указывает, что частота вращения превысила допустимую скорость верхнего предела.	Подача топлива к форсункам снижается, пока скорость двигателя не будет снижена до значения, не превышающего допустимый верхний предел

Приложение 3. Продолжение

Код дефекта	Причина	Признак дефекта (Только при активности кода дефекта)
235 Техоб- служива- ние.	Сигнал датчика уровня охладителя на контакте 37 контроллера указывает, что уровень охладителя в системе низкий	Мощность и/или скорость двигателя понижаются и возможна его остановка, если срабатывает система защиты двигателя
241 Желтый	Сигналы скорости автомобиля на контактах 8 и 18 OEM утеряны.	Частота вращения двигателя ограничивается «максимальной частотой вращения двигателя VSS». Круиз-контроль, устройство защиты коробки передач и регулятор скорости движения не будут работать. Информационные данные поездки, основанные на расчёте расстояния, будут неправильными
242 Желтый	Обнаружено вмешательство в электрические цепи управления скоростью автомобиля на контактах 8 и 18 OEM	Частота вращения двигателя ограничивается «максимальной частотой вращения двигателя VSS». Круиз-контроль, устройство защиты коробки передач и регулятор скорости движения не будут работать. Информационные данные поездки, основанные на расчёте расстояния, будут неправильными
245 Нет	Обнаружена ошибка в электрических цепях управления муфтой вентилятора на контакте 31 контроллера	Муфта вентилятора не будет функционировать правильно
261 Желтый	Сигнал датчика температуры топлива указывает, что температура топлива превысила верхнее значение предела защиты двигателя и/или предела защиты насоса ТНВД	Резкое снижение мощности
264 Желтый	Обнаружилось высокое или низкое напряжение сигнала от датчика температуры топлива в сигнальной цепи электронного модуля VP44	Для температуры топлива используется значение по умолчанию Отсутствует защита двигателя по температуре топлива и возможно снижение мощности
278 Желтый	Обнаружена ошибка в электрической цепи топливоподающего насоса на контакте 11 контроллера	Возможная низкая мощность, двигатель может заглохнуть, запуск возможен с затруднениями
283 Желтый	Обнаружено высокое напряжение переменного сигнала датчика скорости/позиции двигателя на контакте 8 разъема контроллера	ECU переходит на расчёт скорости двигателя по угловым импульсам с датчика положения ротора VP44 Возможен белый дым на выхлопе

Приложение 3. Продолжение

Код дефекта	Причина	Признак дефекта (Только при активности кода дефекта)
284 Желтый	Обнаружено низкое напряжение переменного сигнала датчика скорости/позиции двигателя на контакте 8 разъема контроллера	ECU переходит на расчёт скорости двигателя по угловым импульсам с датчика положения ротора VP44. Возможен белый дым на выхлопе
352 Желтый	Обнаружено низкое напряжение питания датчиков +5V на контакте 10 контроллера	Для питания датчиков используется значение по умолчанию +5 VDC. Двигатель снизит скорость за счет ограничения подачи топлива и утратит защиту по давлению масла, давлению во впускном трубопроводе и температуре охладителя
361 Красный	Обнаружен непрерывный сигнал контрольного импульса управления количеством топлива VP44	Прекращение подачи топлива к топливным форсункам Двигатель глохнет
362 Желтый	Обнаружено низкое значение напряжения или отсутствие напряжения в контрольном значении импульса управления количеством топлива VP44	Двигатель глохнет Запуск невозможен
363 Желтый	Электронным модулем VP44 обнаружено отсутствие изменения контрольного значения импульса управления количеством топлива	Мощность двигателя понизится Двигатель возможно заглохнет
364 Желтый	Обнаружено отсутствие связи или неправильная пересылка данных в канале связи между контроллером ECU и модулем EDU насоса VP44 на контактах 4 и 13 контроллера ИЛИ обнаружено отсутствие напряжения на контакте 7 разъема топливного насоса VP44	Двигатель будет работать только в режиме резервной скорости холостого хода ИЛИ двигатель не будет запускаться
366 Желтый	Измерение напряжения питания модуля насоса VP44 от батареи находится вне пределов диапазона 6 и 24 VDC (для цепей питания 24 VDC)	Двигатель может не проявлять признаков работы Двигатель может запускаться и работать очень неустойчиво или глохнуть при снижении напряжения питания ниже 6 VDC
367 Красный	Потерян сигнал датчика положения ротора насоса VP44	Подача топлива к форсункам прекращается. Двигатель глохнет

Приложение 3. Продолжение

Код дефекта	Причина	Признак дефекта (Только при активности кода дефекта)
368 Желтый	Модуль EDU насоса VP44 не может обеспечить значения момента впрыска, установленного контроллером ECU	Мощность двигателя снижается
369 Желтый	Модуль насоса VP44 не может обнаружить импульс позиции двигателя (положения поршней) с контакта 7 контроллера	Мощность двигателя снижается Возможен белый дым на выхлопе
372 Желтый	Модуль насоса VP44 обнаруживает неизменяющееся напряжение с контакта распознавания холостого хода 16 контроллера ИЛИ модуль насоса обнаруживает короткозамкнутую на массу цепь, связанную с контактом 16 контроллера	Если связь потеряна между ECU и модулем EDU насоса VP44, то двигатель будет находиться только в ожидании ИЛИ будет работать с немного более высокой скоростью установки
373 Красный	Обнаружено высокое напряжение сигнала управления количеством топлива VP44 на контакте 6 контроллера	Подача топлива к форсункам прекращается Двигатель глохнет
374 Желтый	Модуль насоса VP44 обнаружил внутреннюю ошибку	Мощность двигателя снижается или двигатель глохнет
375 Желтый	Контроллер ECU запрашивает значения количества впрыскиваемого топлива или момента впрыска такой величины, которые модуль EDU насоса VP44 не может достичь	Двигатель может не подавать признаков работы ИЛИ двигатель будет работать на скоростях по умолчанию, соответствующих отпущенной педали акселератора
376 Красный	Модуль насоса не может выполнять операции по расчёту и калибровке сигналов управления VP44	Подача топлива к форсункам прекращается Двигатель глохнет
377 Желтый	Модуль насоса VP44 не может обеспечить снижение мощности, когда контроллер прекращает распознавание значений нагрузки	Элементы дополнительного оборудования могут последовательно отключаться в течение длительного периода выключения
381 Желтый	Обнаружена ошибка при запуске из холодного состояния во вспомогательном реле в цепи <1> на контакте 41 разъёма OEM	Нагреватель всасываемого воздуха не может быть включен контроллером на максимальный нагрев Возможен белый дым на выхлопе и/или жесткий запуск
384 Нет	Обнаружена ошибка во вспомогательной цепи управления <2>	Вспомогательные устройства или соединения, управляемые этой цепью, не будут функционировать нормально
385 Желтый	Обнаружено высокое напряжение в цепи питания +5 VDC датчиков на контакте 10 разъёма OEM	Датчики, подключённые к цепи питания +5 VDC, не будут функционировать

Приложение 3. Продолжение

Код дефекта	Причина	Признак дефекта (Только при активности кода дефекта)
386 Желтый	Обнаружено высокое напряжение в цепи питания +5 VDC датчика позиции двигателя на контакте 10 контроллера	Значения сигналов датчиков, подключенных к цепи питания +5 VDC, используются по умолчанию Двигатель снизит скорость путем ограничения подачи топлива и утратит защиту по давлению масла, температуре воздуха во впускном трубопроводе и температуре охладителя
387 Желтый	Обнаружено высокое напряжение в цепи питания +5 VDC датчика положения педали акселератора на контакте 29 разъёма OEM	Обороты холостого хода двигателя, когда выключатель педали находится в положении подтверждения холостого хода, устанавливаются по умолчанию
391 Желтый	Обнаружена ошибка в реле питания VP44 на контакте 43 контроллера	Двигатель не подает признаков работы или работающий двигатель глохнет
415 Красный	Сигнал датчика давления масла показывает, что давление масла ниже самого низкого предела защиты двигателя	Скорость двигателя понижается и возможна его остановка, если срабатывает система защиты двигателя
418 WIF	Сигнал датчика наличия воды в топливе (Water-In-Fuel) указывает, что обнаружена вода в топливном фильтре, который должен быть осушен	Чрезмерная вода в топливе может привести к серьезному повреждению топливной системы
422 Желтый	Обнаружились одновременно сигналы напряжения высокого и низкого уровней с датчика уровня охладителя на контактах 27 и 37 контроллера или одновременно не обнаруживается напряжение на этих контактах	Отсутствует защита двигателя по уровню охладителя в системе охлаждения
429 Желтый	Обнаружено низкое напряжение датчика наличия воды в топливе (Water-In-Fuel) на контакте 40 разъёма OEM	Отсутствует защита двигателя по наличию воды в топливе
431 Желтый	Обнаружено отсутствие напряжения сигнала подтверждения холостого хода одновременно на контактах 25 и 26 разъёма OEM	Отсутствие эффективной работы на холостом ходу из-за потери подтверждения режима

Приложение 3. Продолжение

Код дефекта	Причина	Признак дефекта (Только при активности кода дефекта)
432 Желтый	Сигнал подтверждения холостого хода на контакте 26 разъёма OEM указывает, что педаль акселератора отпущена и находится в положении холостого хода, в то время как сигнал положения педали на контакте 30 разъёма OEM указывает, что педаль находится вне позиции холостого хода ИЛИ сигнал подтверждения холостого хода на контакте 26 разъёма OEM указывает, что педаль находится вне позиции холостого хода, в то время как сигнал положения педали на контакте 30 разъёма OEM указывает, что педаль находится в положении холостого хода	Двигатель будет работать только в режиме холостого хода
434 Желтый	Все данные о состоянии двигателя собирались контроллером ECU во время последнего успешного включения двигателя (то есть дефекты, данные состояния, информационные данные поездки и т.п.), но не были загружены в память контроллера в момент выключения (остановки)	Отсутствие исполнения. Кодовая таблица дефектов, информационные данные и эксплуатационные данные поездки не могут быть перепроверены и являются неточными
441 Желтый	Обнаруженное значение напряжения питания на контактах 38, 39, и 40 контроллера ECU показывает, что напряжение питания упало ниже 6 V	Работающий двигатель заглохнет или запуск будет неустойчивый
442 Желтый	Обнаруженное значение напряжения питания на контактах 38, 39, и 40 контроллера ECU показывает, что напряжение питания выше максимального системного уровня напряжения	Отсутствие признаков работы двигателя
443 Желтый	Обнаружено низкое напряжение в цепи питания +5 VDC датчика положения педали акселератора на контакте 29 разъёма OEM	Скорость холостого хода двигателя, когда выключатель педали находится в положении подтверждения холостого хода, устанавливается по умолчанию
444 Желтый	Обнаружено низкое напряжение в цепи питания +5 VDC датчиков на контакте 10 разъёма OEM	Датчики, подключенные к цепи питания +5 VDC (например, датчик положения педали акселератора), не будут функционировать

Приложение 3. Продолжение

Код дефекта	Причина	Признак дефекта (Только при активности кода дефекта)
488 Желтый	Сигнал датчика температуры воздуха во впускном трубопроводе указывает, что температуру воздуха выше верхнего предела защиты двигателя	Резкое падение мощности и возможно выключение двигателя, если срабатывает система защиты двигателя
515 Желтый	Обнаружено высокое напряжение в цепи питания +5 VDC вспомогательных датчиков на контакте 49 контроллера	Вспомогательные устройства не будут функционировать
516 Желтый	Обнаружено низкое напряжение в цепи питания +5 VDC вспомогательных датчиков на контакте 49 контроллера	Вспомогательные устройства не будут функционировать
556 Желтый	Сигнал подтверждения холостого хода на контактах 25 и 26 разъёма OEM показывает, что одновременно на обоих контактах присутствует напряжение распознавания	Холостой ход двигателя не будет поддерживаться

Литература

1. Bosch/Автомобильный справочник. Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: Издательство «За рулём», 2000 – 896 с.
2. Л.Н. Голубков, А.А. Савастенко, М.В. Эммиль. Топливные насосы высокого давления распределительного типа: Учебно-практическое пособие/ - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Легион-Автодата», 2000 – 176 с.
3. Впрыск дизельных двигателей. Легковые и грузовые автомобили, судовые установки, яхты, стационарные установки: Практическое руководство. Под редакцией С.В. Афонина/ - Батайск Ростовской обл.: Издательство «ПОНЧИК», 1999 – 148 с.
4. Системы впрыска топлива Bosch,/Сост. В.А. Деревянко; Пер. С пол. В. Мицкевич; Пер. С нем. Н.Н. Красотова. – М.: «Петит», 2000 – 240 с
5. Казедорф Ю., Войзетшлегер Э. Системы впрыска зарубежных автомобилей. Устройство, регулировка, ремонт: пер. с нем. Под ред. канд. техн. наук А.С. Тюфякова. – М.: Издательство «За рулём», 2000 – 256 с
6. CiA99Paper.pdf - http://www.can.bosch.com/content/TT_CAN.html.
7. Die VP44-Einspritzpumpe in der Werkstatt (1),
Die VP44-Einspritzpumpe in der Werkstattpraxis (2). – mot-Profi-Redaktion, C.L. Rautenberg-Druck Vereinigte Motor-Verlage, Stuttgart

Место для размещения рекламы спонсора



Содержание

Введение. Европейские дизельные двигатели.....	5
Глава 1. Система впрыска высокого давления VP44.....	9
1.1. Общая характеристика топливного насоса VP44.....	10
1.1.1. Принципиальные особенности впрыска.....	10
1.1.2. Характеристика топливных насосов высокого давления.....	13
1.1.3. Принцип действия системы управления VP44.....	15
1.2. Управление двигателем.....	16
1.2.1. Условия работы дизеля.....	16
1.2.2. Принцип работы дизельного двигателя с ТНВД VP44.....	17
1.2.3. Назначение и характеристика элементов системы управления.....	20
1.2.4. Характеристика функций управления.....	24
1.3. Цифровая система управления.....	27
1.3.1. Общее устройство системы управления.....	27
1.3.2. Функциональная характеристика элементов цифровой системы управления.....	29
Глава 2. Устройство ТНВД VP44.....	35
2.1. Общее устройство распределительных ТНВД.....	36
2.1.1. ТНВД с радиальными плунжерами VP44.....	36
2.1.2. ТНВД с осевым плунжером VP30.....	38
2.2. Принцип действия модулей ТНВД VP44.....	39
2.2.1. Топливоподача.....	40
2.2.2. Контур низкого давления.....	40
2.2.3. Электромагнитные клапаны.....	41
2.2.3.1. Назначение и принцип действия электромагнитных клапанов.....	41
2.2.3.2. Ток управления электромагнитными клапанами.....	44
2.2.4. Нагнетательная секция.....	46
2.2.5. Механизм управления моментом впрыска.....	47
2.3. Функции управления ТНВД VP44.....	49
2.3.1. Акселераторная характеристика.....	49
2.3.2. Характеристика впрыска с ТНВД VP44.....	50
2.3.2.1. Задачи впрыска.....	51
2.3.2.2. Техническая характеристика процесса впрыска.....	52
2.3.3. Регулирование момента впрыска топлива.....	54
2.3.4. Управление дозированием топлива.....	58
2.3.4.1. Характеристика впрыска.....	58
2.3.4.2. Прозрачность выхлопа.....	58

2.3.4.3.	Управление дозированием.....	60
2.3.4.4.	Наполнение и нагнетание топлива.....	63
2.3.5.	Управление электромагнитными клапанами.....	63
2.3.5.1.	Назначение и принцип действия датчика положения ротора.....	63
2.3.5.2.	Функционирование клапанов.....	65
2.4.	Устройство узлов и модулей.....	67
2.4.1.	Основные узлы и топливные каналы.....	67
2.4.2.	Топливоподкачивающий насос.....	69
2.4.3.	Нагнетательная секция.....	71
2.4.3.1.	Общее устройство нагнетательной секции.....	71
2.4.3.2.	Заполнение нагнетательной секции топливом.....	72
2.4.3.3.	Образование высокого давления впрыска.....	74
2.4.3.4.	Схема управления нагнетательной секцией.....	75
2.4.4.	Автомат опережения впрыска топлива.....	77
2.4.4.1.	Устройство автомата.....	77
2.4.4.2.	Установка угла запаздывания.....	80
2.4.4.3.	Установка угла опережения.....	80
2.4.4.4.	Изменение момента впрыска топлива.....	81
Глава 3.	Вспомогательные системы.....	83
3.1.	Системы предварительного подогрева.....	84
3.1.1.	Классификация систем предварительного подогрева.....	84
3.1.2.	Режим работы свечей накала.....	85
3.1.3.	Управляемые системы предварительного подогрева.....	86
3.1.4.	Электронная система моментального накала ISS.....	87
3.2.	Рециркуляция выхлопных газов (EGR).....	89
3.2.1.	Снижение токсичности выхлопных газов.....	89
3.2.2.	Скорость (число) рециркуляции.....	90
3.2.3.	Рециркуляция выхлопных газов в замкнутой системе.....	92
3.2.4.	Эмиссия выхлопа.....	93
3.2.5.	Типовая функциональная схема управления рециркуляцией.....	96
3.2.5.1.	Общее устройство функциональной схемы EGR.....	96
3.2.5.2.	Устройство исполнительных механизмов типовой системы рециркуляции.....	97
3.2.5.3.	Устройство исполнительных механизмов системы рециркуляции с размещением клапана EGR на впуске.....	99
3.2.6.	Функциональная схема электронного управления рециркуляцией EEGR.....	101
3.2.6.1.	Общее устройство системы рециркуляции EEGR.....	101
3.2.6.2.	Описание и принцип действия линейного клапана EEGR.....	102
3.2.6.3.	Функции линейного клапана.....	102
3.3.	Система регулирования давления наддува.....	103
3.3.1.	Назначение наддува во впускном тракте.....	103
3.3.2.	VTG-турбокомпрессоры и регулирование наддува.....	105
3.3.3.	VTG-турбокомпрессоры и ограничение наддува.....	107
3.3.4.	Контроль давления наддува.....	110
3.3.3.1.	Требования к измерителям давления.....	110

3.3.3.2.	Особенности измерения давления.....	110
3.4.	Устройство торможения выхлопом.....	111
3.4.1.	Назначение устройства торможения выхлопом.....	111
3.4.2.	Особенности торможения дизельных автомобилей.....	112
3.4.3.	Принцип действия устройств торможения выхлопом.....	113
3.4.4.	Стандартная модель устройства.....	113
3.4.5.	Универсальная модель устройства D-Celerator.....	116
3.4.5.1.	Особенности торможения с универсальным устройством.....	116
3.4.5.2.	Конструктивные особенности устройства.....	116
3.4.7.	Эффективность применения устройств торможения выхлопом.....	117
3.5.	Контроль наличия воды в топливе.....	118
3.5.1.	Типовое положение.....	118
3.5.2.	Типы датчиков.....	119
3.5.3.	Принцип действия оптического датчика.....	119
3.5.4.	Типовые модели датчиков.....	120
3.5.5.	Функционирование датчика.....	121
3.6.	Дистанционный акселератор.....	122
3.6.1.	Общее описание акселератора.....	122
3.6.2.	Техническая характеристика акселератора.....	122
3.6.3.	Выполняемые операции.....	123
3.6.4.	Включение ускоренного холостого хода.....	124
3.7.	Адаптеры.....	124
3.7.1.	Диагностика программными средствами.....	124
3.7.2.	Соединение адаптеров.....	125
3.7.3.	Функции адаптеров.....	126
3.7.4.	Техническая характеристика адаптеров.....	126
3.7.5.	CAN.....	127
3.8.	Идентификация положения поршней.....	127
3.8.1.	Общие требования.....	127
3.8.2.	Идентификация позиции двигателя электронным блоком управления.....	129
3.8.2.1.	Общее устройство схемы идентификации.....	129
3.8.2.2.	Формирование установочного сигнала позиции двигателя.....	132
3.8.3.	Идентификация позиции двигателя электронным модулем ТНВД.....	134
3.8.3.1.	Общее устройство схемы идентификации.....	134
3.8.3.2.	Формирование сигнала управления.....	135
3.9.	Система передачи информации CAN-BUS.....	137
3.9.1.	Общее описание системы CAN.....	137
3.9.2.	Обмен информацией.....	137
3.9.3.	Функциональное назначение.....	138

3.9.4.	Bus+ и Bus- каналы.....	139
3.9.5.	Падение напряжения.....	140
3.9.6.	Завершение обработки сигналов.....	140
3.9.7.	Ввод и вывод информации.....	141
3.10.	Подогрев воздуха на впуске.....	141
Глава 4. Функции управления двигателем.....		143
4.1.	Принципиальное устройство системы управления.....	144
4.2.	Функции управления подачей топлива.....	146
4.2.1.	Состав функций управления.....	146
4.2.2.	Управление количеством впрыскиваемого топлива.....	148
4.2.3.	Управление раздельным впрыском топлива.....	151
4.2.4.	Управление моментом впрыска топлива.....	153
4.2.5.	Управление холостым ходом.....	155
4.3.	Функции управления вспомогательными системами.....	158
4.3.1.	Рециркуляция выхлопных газов EGR.....	158
4.3.1.1.	Управление рециркуляцией.....	158
4.3.1.2.	Последовательность управления рециркуляцией.....	160
4.3.2.	Подогрев воздуха.....	161
4.3.3.	Управление давлением наддува.....	162
4.3.4.	Управление предпусковым подогревом и пуском.....	163
4.3.5.	Управление торможением двигателем.....	168
4.3.6.	Управление дистанционным акселератором.....	169
4.4.	Канал передачи данных CAN-BUS.....	170
4.4.1.	Коммуникация сигналов в каналах Bus.....	170
4.4.2.	Передача информационных сообщений.....	171
Глава 5. Электрическая схема электрооборудования.....		173
5.1.	Электрооборудование.....	174
5.1.1.	Общая характеристика электрооборудования системы управления.....	174
5.1.2.	Электрические цепи.....	174
5.1.3.	Рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту.....	176
5.2.	Принципиальная схема электрооборудования.....	177
5.2.1.	Электронные блоки и модули.....	177
5.2.2.	Характерные особенности схемы электрооборудования.....	177
5.3.	Управление на режимах работы двигателя.....	180
5.3.1.	Включение выключателя приборов и стартера.....	180
5.3.2.	Режим пуска.....	181
5.3.3.	Прогрев двигателя.....	182
5.3.4.	Холостой ход.....	183
5.3.5.	Частичные нагрузки.....	184
5.3.6.	Полные нагрузки.....	185
5.3.7.	Предельные режимы.....	185
5.3.8.	Ускорение.....	186

5.3.9.	Принудительный холостой ход.....	186	
Глава 6. Проверка конструктивных групп.....			187
6.1.	Проблемы надежности систем управления с ТНВД BOSCH VP44....	188	
6.1.1.	Влияние топлива на износостойкость насоса.....	189	
6.1.2.	Механические дефекты.....	192	
6.1.3.	Дефекты электронных компонентов.....	193	
6.1.	Технические средства диагностики.....	195	
6.2.1.	Методика измерений.....	195	
6.2.2.	Электрические соединители.....	197	
6.2.	Диагностика неисправностей.....	199	
6.3.1.	Диагностические требования.....	199	
6.3.2.	Контролируемые параметры.....	201	
6.4.	Основные датчики.....	204	
6.4.1.	Датчик импульсов ВМТ (ВМТ-датчик) или датчик оборотов.....	204	
6.4.2.	Датчик положения педали акселератора.....	205	
6.4.3.	Калибровка и техника проверки датчика положения педали акселератора.....	206	
6.4.4.	Измеритель массового расхода воздуха.....	208	
6.4.5.	Датчик температуры двигателя.....	210	
6.5.	Электромагнитный клапан управления наполнением (клапан высокого давления).....	211	
6.6.	Проверка устройств управления моментом впрыска.....	213	
6.6.1.	Методика проверки.....	213	
6.6.2.	Датчик подъема иглы форсунки.....	214	
6.6.3.	Электромагнитный клапан автомата управления опережением впрыска.....	216	
6.7.	Проверка вспомогательных систем.....	217	
6.7.1.	Проверка устройств турбонаддува.....	217	
6.7.2.	Проверка работоспособности системы рециркуляции EGR.....	220	
6.7.3.	Обслуживание WIF-датчиков.....	222	
6.7.4.	Обслуживание дистанционного акселератора.....	223	
6.7.5.	Обслуживание подкачивающего насоса.....	223	
6.7.6.	Контроль уровня топлива в топливном баке.....	224	
6.8.	Бортовая диагностика.....	225	
6.8.1.	Определение неисправностей.....	225	
6.8.2.	Диагностическая цепь.....	225	
6.8.3.	Внешний диагностический режим.....	226	
6.9.	Динамические регулировки.....	226	
6.9.1.	Частота вращения коленвала на холостом и ускоренном холостом ходу.....	227	
6.9.2.	Дроссельное регулирование.....	227	

6.9.3.	Верхний предел скорости автомобиля.....	227
6.9.4.	Защита двигателя.....	228
Приложения.....		229
Приложение 1. Осциллограммы сигналов управления.....		230
Приложение 2. Принципиальная электрическая схема ISB Dodge Cummins.....		233
Приложение 3. Коды диагностики ISB Dodge Cummins.....		235
Литература.....		243
Содержание.....		245

**Шклевский
Юрий Николаевич**

**Дизельные двигатели.
Электронная система впрыска
высокого давления VP44**

Авторское издание

Регистрационное удостоверение ВС №:0001947

ISBN 9984-19-615-1