

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»

И. В. Дубень, В. А. Потапов

**ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫМИ
ДВИГАТЕЛЯМИ Д-245.7 С ТОПЛИВНОЙ
СИСТЕМОЙ COMMON RAIL**

Методические рекомендации
для студентов специальности
1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов
сельскохозяйственного производства

Барановичи
БарГУ
2019

УДК 621(078)
ББК 40.7я.73
Д79

Авторы:
И. В. Дубень, В. А. Потапов

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры тракторов, автомобилей и машин для природообустройства учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» *О. В. Понталёв*;
кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии учреждения образования «Барановичский государственный университет» *В. А. Дремук*

Дубень, И. В.
Д79 Электронная система управления дизельными двигателями Д-245.7 с топливной системой Common Rail : метод. рекомендации для студентов специальности 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства / И. В. Дубень, В. А. Потапов ; М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т. — Барановичи : БарГУ, 2019. — 32 с.
ISBN 978-985-498-859-7.

Приведена методика выполнения лабораторной работы по изучению электронной системы управления дизельным двигателем с топливной системой Common Rail на примере двигателя ММЗ-245.7Е4.

Адресуется студентам специальности 1-74 06 01 «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства», изучающим дисциплину «Электронные системы управления мобильными машинами».

УДК 621(078)
ББК 40.7я.73

ПРЕДИСЛОВИЕ

Теоретическая и практическая подготовленность в области применения электронных систем на мобильных машинах является важным требованием к уровню компетенций инженеров сельскохозяйственного производства с учетом современного состояния технического парка предприятий агропромышленного комплекса.

Учебной программой дисциплины «Электронные системы управления мобильными машинами» предусмотрено изучение электронных систем управления дизельными двигателями, установленных на автомобилях экологического класса Евро-3 и Евро-4, а также тракторах экологического класса Stage-IIIa. Настоящая лабораторная работа позволяет углубить и закрепить теоретические знания, полученные на лекционных занятиях, освоить правила их эксплуатации.

Подготовка к лабораторной работе.

1. Предварительно необходимо ознакомиться с правилами внутреннего распорядка и техники безопасности.

2. По лекциям и соответствующим литературным источникам изучить теоретический материал, относящийся к данной лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе оформляется согласно общепринятым на инженерном факультете нормам и правилам и должен содержать:

- 1) наименование работы и ее номер, цель работы в краткой формулировке;
- 2) основные технические характеристики системы;
- 3) перечень, назначение и функции блоков управления, датчиков и исполнительных механизмов, входящих в состав электронной системы;
- 4) графическую схему топливной системы двигателя;
- 5) правила эксплуатации и обслуживания системы;
- 6) средства и правила диагностики датчиков и исполнительных механизмов;
- 7) основные возможные неисправности и способы их устранения.

Отчеты, выполненные с нарушением вышеизложенных требований, к защите не допускаются.

При защите выполненной лабораторной работы студент должен быть готов ответить на контрольные вопросы.

Лабораторная работа

Электронная система управления дизельным двигателем Д-245.7 с топливной системой Common Rail

Цели работы:

1) изучить назначение, устройство и принцип действия электронной системы управления (ЭСУ) дизельным двигателем с топливной системой Common Rail на примере двигателей Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4;

2) ознакомиться с методами диагностики ЭСУ дизельных двигателей с топливной системой Common Rail, основными неисправностями и способами их устранения.

Объект и средства исследования. Объектом исследования являются дизельные двигатели Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4, устанавливаемые на автомобили ГАЗ-3309 экологического класса Евро-3 и Евро-4 соответственно.

1 Общая характеристика двигателей серии Д-245

Дизельный двигатель Д-245 производства ОАО «Минский моторный завод» в общем случае представляет собой 4-тактный поршневой четырехцилиндровый двигатель внутреннего сгорания с рядным вертикальным расположением цилиндров, непосредственным впрыском дизельного топлива и воспламенением от сжатия.

Дизельный двигатель Д-245.7 предназначен для установки и эксплуатации на автомобилях ГАЗ-3309, других грузовых автомобилях и автобусах общего назначения полной массой до 8 т (табл. 1).

Т а б л и ц а 1 — Применяемость автомобильных дизельных двигателей семейства Д-245 экологических классов Евро-2, Евро-3 и Евро-4

Модификация	Е2 (Евро-2)	Е3 (Евро-3)	Е4 (Евро-4)
Д-245.7	ГАЗ-3309, ГАЗ-33081,	ГАЗ-33104 «Валдай»	ГАЗ-3309
Д-245.9	ЗИЛ-5301 «Бычок», ПАЗ-4230, ПАЗ-4234	ЗИЛ-5301 «Бычок», ПАЗ-4234	ПАЗ-32053-07
Д-245.30	МАЗ-4370 «Зубренок», ЗИЛ-4331, ЗИЛ-4334	МАЗ-4370 «Зубренок»	—
Д-245.35	—	—	МАЗ-4370 «Зубренок»

Модификации Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4 отличаются от Д-245.7Е2 топливной системой (Common Rail вместо механической с рядным топливным насосом высокого давления (далее — ТНВД)) и электронным способом управления. Для обеспечения высоких технико-экономических показателей в системе впуска применен турбонаддув с промежуточным охлаждением и регулированием давления наддувочного воздуха, что обеспечивает повышение крутящего момента при низкой частоте вращения коленчатого вала (табл. 2).

Т а б л и ц а 2 — Краткая техническая характеристика и комплектация двигателей Д-245.7Е2, Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4

Наименование параметра	Д-245.7Е3	Д-245.7Е4
Экологический класс	Евро-3	Евро-4
Тип	Четырехтактный с турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха	
Способ смесеобразования	Непосредственный впрыск топлива	
Расположение цилиндров	Рядное, вертикальное	
Число и порядок работы цилиндров	4 (1—3—4—2)	
Рабочий объем цилиндров, л	4,75	
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	110 × 125	
Степень сжатия (расчетная)	17	
Номинальная мощность, кВт	85,0	91,8
Номинальная частота вращения, об. / мин	2 400	2 200
Максимальный крутящий момент, Н · м	420	422
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, об. / мин	1 400	1 100...2 100
Удельный расход топлива, г / кВт · ч	225	
Топливный насос высокого давления	CP3.3 (“Bosch”, Германия)	
Форсунка	CRIN2 (“Bosch”, Германия)	
Электронный блок управления	EDC7UC31 (“Bosch”, Германия)	
Турбокомпрессор	C14-179-02, C14-180-01 («Турбо», Чехия)	C15-505 («Турбо», Чехия), ТКР6,5.1-17 («БЗА», Беларусь)
Фильтр грубой очистки топлива	PreLine PL 270 (“Mann & Hummel”)	
Фильтр тонкой очистки топлива	WDK962/12, WDK962/14 («Mann & Hummel»)	
Датчик засоренности воздухоочистителя	ДСФ-65 (ОАО «Экран», Беларусь)	
Свечи накалывания	штифтовые 11 720 720 («АЕТ», Словения) или СН-07-23 («УАПО», РФ)	
Блок управления свечами накалывания	БУСН-01 («МАЗ», Беларусь), 252.3763	
Система ограничения выбросов	отсутствует	рециркуляция отработавших газов с охладителем

Снижение содержания окислов азота в выхлопных газах двигателя Д-245.Е4 экологического класса Евро-4 достигается за счет рециркуляции отработавших газов с их охлаждением от системы охлаждения двигателя. Автомобильные двигатели Д-245.7Е4, Д-245.9Е4 и Д-245.35Е4 могут быть оснащены сажевым фильтром с окислителем-нейтрализатором, при этом на двигателе Д-245.35Е4 предусмотрено подключение бортовой диагностической системы для контроля засоренности сажевого фильтра.

Для обеспечения уверенного пуска при низких температурах в головке цилиндров дизелей установлены свечи накалывания, управление которыми осуществляется автономным блоком управления. При включении свечей загорается лампочка на щитке приборов, которая гаснет по команде блока управления после окончания цикла прогрева.

2 Устройство системы питания

Система питания двигателей Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4 построена на основе аккумуляторной системы впрыска Common Rail фирмы “Bosch” (рис. 1) и включает контуры низкого и высокого давления.

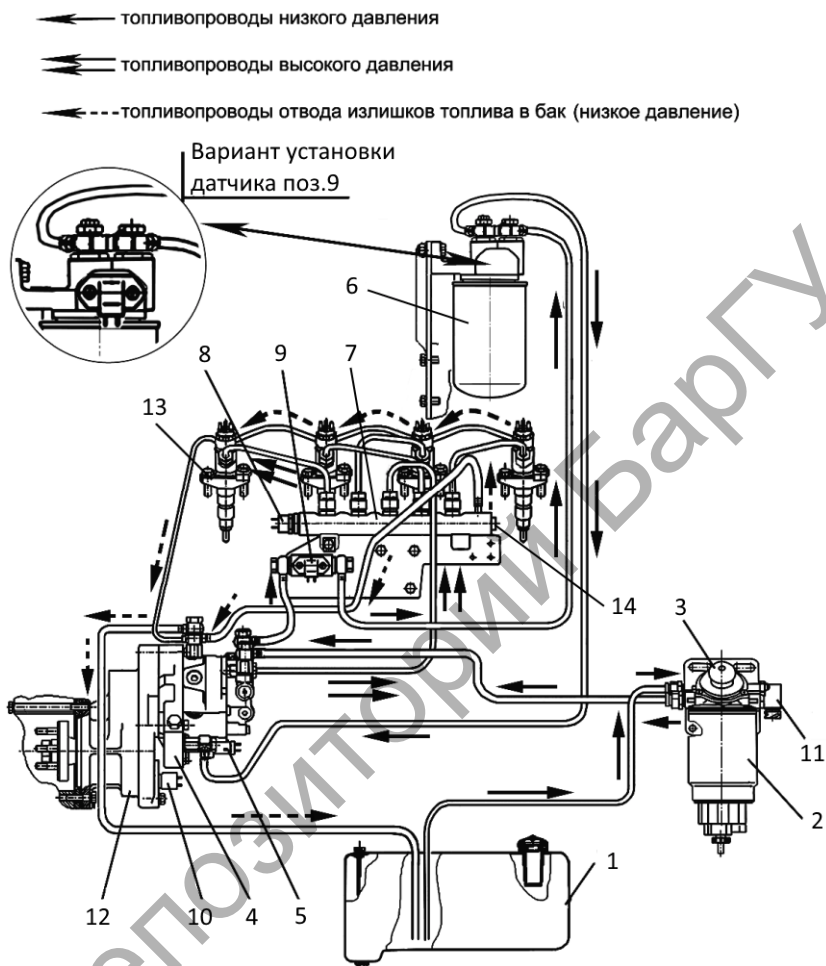
В контуре низкого давления топливо поступает из топливного бака 1 в фильтр предварительной очистки 2 с ручным топливоподкачивающим насосом 3, подогревателем 11 в топливоподкачивающий насос низкого давления 14, далее по напорному топливопроводу к датчику температуры и давления топлива 9, через фильтр тонкой очистки 6 к ТНВД.

Контур высокого давления включает ТНВД 4 с электромагнитным регулятором давления 5 и защитным клапаном, аккумулятор топлива 7 с датчиком давления 8 и клапаном ограничения давления 14, форсунки с электромагнитным управлением 13, а также топливопроводы.

Особенность системы Common Rail состоит в том, что давление в топливном аккумуляторе и форсунках создается независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя и количества впрыскиваемого топлива. Цикловая подача топлива определяется электронным блоком управления (далее — ЭБУ) и режимом работы двигателя, который, в свою очередь, зависит от действий водителя, а угол опережения и давление впрыска определяются ЭБУ на основе данных, полученных от датчиков, алгоритмов микропроцессора и характеристик, хранящихся в памяти ЭБУ.

Фильтр предварительной (грубой) очистки топлива служит для отделения механических примесей и воды. Рекомендуется использовать фильтр “PreLine 270”, оснащенный влагоотделителем, подогревателем и ручным топливоподкачивающим насосом.

Топливоподкачивающий насос — шестеренного типа, интегрирован в корпус ТНВД и имеет совместный с ним привод. Основными элементами насоса являются два шестеренных колеса, которые находятся в зацеплении между собой, посредством чего топливо «захватывается» в полости, образующиеся между зубьями шестерен и стенками корпуса, и направляется к выходу на стороне нагнетания.

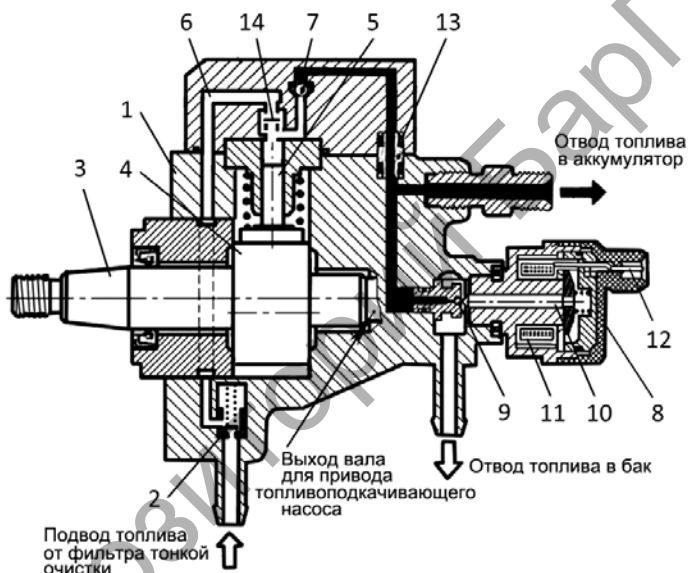


1 — топливный бак; 2 — фильтр предварительной очистки топлива; 3 — ручной топливоподкачивающий насос; 4 — топливный насос высокого давления; 5 — регулятор давления; 6 — фильтр тонкой очистки топлива; 7 — аккумулятор топлива под высоким давлением; 8 — датчик давления топлива; 9 — датчик температуры и давления топлива; 10 — датчик частоты вращения распределительного вала; 11 — подогреватель топлива; 12 — редуктор привода ТНВД; 13 — форсунка; 14 — клапан ограничения давления

Рисунок 1 — Топливная система Common Rail на дизелях Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4

Фильтр тонкой очистки топлива неразборный, с бумажным фильтрующим элементом. Корпус фильтра может иметь место для крепления датчика температуры и давления топлива.

Топливный насос высокого давления типа СР3.3 предназначен для создания резерва топлива, поддержания и регулирования давления в топливном аккумуляторе. На корпусе ТНВД моноблочной конструкции закреплены топливоподкачивающий насос с приводом от вала ТНВД и регулятор давления 8 (рис. 2). Вал 3 привода ТНВД имеет шестеренный привод от редуктора, входной вал которого приводится в движение от коленчатого вала дизеля через шестерни.



- 1 — корпус насоса высокого давления; 2 — защитный клапан с дроссельным отверстием;
 3 — вал привода; 4 — кулачковый ротор; 5 — плунжер; 6 — подводящий канал;
 7 — выпускной клапан; 8 — регулятор давления; 9 — шарик; 10 — якорь; 11 — электромагнит;
 12 — клеммы электромагнита; 13 — уплотнение; 14 — впускной клапан

Рисунок 2 — Схема работы ТНВД типа СР3.3

В корпусе ТНВД радиально с интервалом угла 120° расположены три плунжера 5, а на валу привода 3 эксцентрично установлен кулачковый ротор 4, кулачки которого расположены через 120° по окружности.

Топливо, прошедшее топливный фильтр тонкой очистки, под давлением $0,8 \dots 0,9$ МПа подается к приемному штуцеру ТНВД. Под воздействием давления подкачки защитный клапан 2 открывает доступ топливу через под-

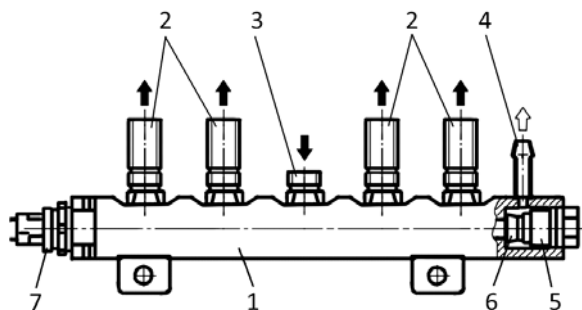
водящий канал 6 в надплунжерные пространства. Набегающий кулачок ротора 4 перемещает плунжер 5 вверх, при этом входное отверстие впускного канала перекрывается клапаном 14 и при дальнейшем подъеме плунжера топливо сжимается в надплунжерном пространстве. Когда возрастающее давление достигнет уровня, соответствующего давлению в топливном аккумуляторе, открывается выпускной клапан 7 и топливо поступает в контур высокого давления. При обратном движении плунжера вниз давление падает, выпускной клапан закрывается. За один оборот вала каждый из трех плунжеров совершает один цикл работы. Смазка и охлаждение деталей ТНВД осуществляется непосредственно поступающим дизельным топливом.

Регулятор давления 8 закреплен на корпусе ТНВД, управляется ЭСУ двигателя и при работе системы поддерживает давление в топливном аккумуляторе в зависимости от режима работы двигателя и его теплового состояния: в режиме холостого хода двигателя — 25...30 МПа, при средних нагрузках на двигатель — около 100 МПа, в режиме максимальных нагрузок — 150...160 МПа.

Якорь регулятора 10 прижимает шарик клапана 9 к седлу под действием пружины клапана так, чтобы разъединить контуры высокого и низкого давления. Включенный электромагнит 11 перемещает якорь, прикладывая дополнительное усилие прижатия шарика к седлу. Так как ТНВД рассчитан на большую величину подачи, то на холостом ходу и при частичных нагрузках возникает избыток топлива. При слишком высоком давлении в аккумуляторе под действием электромагнита 11 шариковый клапан 9 регулятора открывается и часть топлива из аккумулятора отводится через магистраль обратного слива в топливный бак, при этом давление топлива снижается до заданного уровня.

Топливный аккумулятор (англ. Rail) является объемным накопителем топлива под высоким давлением. Одновременно аккумулятор за счет достаточно большого объема сглаживает колебания давления, которые возникают из-за пульсирующей подачи топлива от ТНВД и работы форсунок во время впрыскивания.

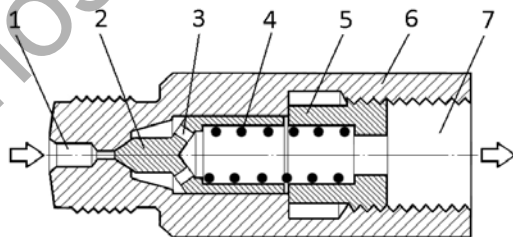
Аккумулятор 1 (рис. 3) имеет форму трубы, в торцах которой установлены датчик давления топлива 7 и клапан ограничения давления 5. По образующей периметра трубы расположены штуцеры подключения топливопроводов высокого давления 2 и 3, а также штуцер обратного слива 4. Аккумулятор постоянно заполнен топливом, давление которого поддерживается регулятором давления 8 (см. рис. 2). Топливо из ТНВД направляется через магистраль высокого давления к впускному штуцеру 3 аккумулятора, который в свою очередь сообщается с форсунками посредством топливопроводов высокого давления 2.



1 — трубчатый корпус; 2 — клапаны-ограничители подачи топлива; 3 — подводящий штуцер; 4 — штуцер обратного слива; 5 — клапан ограничения давления; 6 — запорный конус сердечника клапана; 7 — датчик давления топлива

Рисунок 3 — Аккумулятор топлива

Клапан ограничения давления установлен в торцевой части топливного аккумулятора и выполняет роль предохранительного клапана (рис. 4). Со стороны аккумулятора корпус клапана имеет канал 1, запираемый конусом плунжера 2. При нормальном рабочем давлении пружина 4 плотно прижимает конус плунжера к седлу клапана, так что аккумулятор остается закрытым. Если давление в аккумуляторе превысит кратковременно допустимое значение 160 ± 50 МПа, конус под действием давления топлива отходит от седла и через отверстия 3 в плунжере топливо отводится в магистраль обратного слива, в результате давление в аккумуляторе снижается.



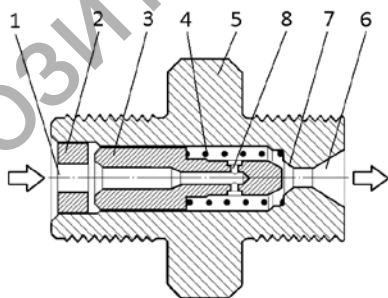
1 — сторона высокого давления; 2 — плунжер; 3 — отверстия для прохода топлива; 4 — пружина; 5 — упор; 6 — корпус клапана; 7 — сторона возврата топлива

Рисунок 4 — Устройство клапана ограничения давления

Клапаны ограничения подачи топлива монтируются на выходных штуцерах аккумулятора (см. рис. 3) и при работе системы предотвращают подачу топлива к форсункам с постоянно открытой (зависшей) иглой. Канал внутри плунжера 3 (рис. 5) и дроссельные отверстия 8 обеспечивают гидравлическое соединение аккумулятора с трубопроводом линии высокого давления 6 и далее с форсункой. Плунжер 3 плотно установлен в корпусе 5 и удерживается пружиной 4 к стороне аккумулятора.

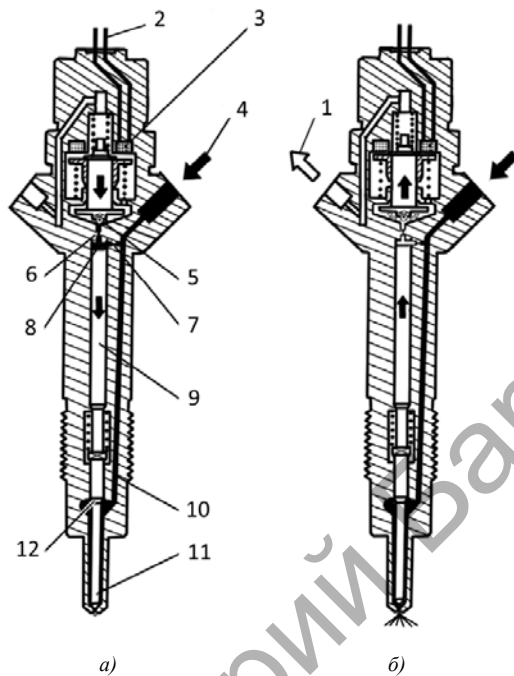
В нормальном положении плунжер 3 упирается в упорную шайбу 2, проход топлива открыт через дроссельное отверстие 8. При впрыске топлива давление на стороне форсунки падает, плунжер под действием пружины занимает промежуточное положение между шайбой 2 и седлом клапана 7. При слишком большом количестве проходящего топлива плунжер 3 отходит от упора, прижимается к седлу 7 и перекрывает подачу топлива к форсунке. Усилие пружины и диаметр дроссельного отверстия 8 рассчитываются таким образом, чтобы при максимальной величине впрыскиваемого топлива плунжер мог перемещаться к упору (на стороне аккумулятора) и оставаться там до начала следующего впрыска.

Форсунки (инжекторы) типа CRIN2 (рис. 6) предназначены для дозированного и качественного распыла топлива в цилиндр дизеля. Требуемые момент начала впрыскивания и величина подачи топлива обеспечиваются действием электромагнитного клапана форсунки. Формирование сигналов управления форсунками в ЭБУ происходит на основании информации от датчиков частоты вращения коленчатого вала и первичного вала редуктора привода ТНВД.



- 1 — сторона соединения с аккумулятором топлива;
 2 — упорная шайба; 3 — плунжер; 4 — пружина; 5 — корпус;
 6 — сторона соединения с форсункой; 7 — седло клапана; 8 — дроссельное отверстие

Рисунок 5 — Клапан ограничения подачи топлива



1 — магистраль обратного слива топлива; 2 — клеммы; 3 — электромагнитный клапан; 4 — магистраль высокого давления; 5 — шарик клапана; 6 — дроссельное отверстие отвода топлива; 7 — дроссельное отверстие подачи топлива; 8 — камера управляющего поршня; 9 — управляющий поршень; 10 — канал подвода топлива к распылителю; 11 — игла распылителя; 12 — фаска иглы распылителя

Рисунок 6 — Устройство и принцип действия форсунки типа CRIN2

Топливо подается по магистрали высокого давления через подводящий канал 4 к распылителю форсунки 11, а также через дроссельное отверстие подачи топлива 7 в камеру 8 управляющего поршня 9. Камера может открываться электромагнитом 3 и таким образом соединяться с магистралью обратного слива 1.

Если ток на электромагнит 3 не подается, то дроссельное отверстие 6 закрыто шариком клапана 5 и гидравлическая сила, действующая сверху на управляющий поршень 9, превышает силу давления топлива снизу на фаску (запечник) 12 иглы распылителя форсунки. Вследствие этого игла

прижимается к седлу распылителя и плотно закрывает его отверстие, в результате топливо в камеру сгорания не попадает.

При срабатывании электромагнитного клапана 3 якорь электромагнита сдвигается вверх и шарик 5 открывает дроссельное отверстие 6. Соответственно, снижаются давление в камере 8 управляющего поршня и гидравлическая сила, действующая сверху на управляющий поршень 9. Под действием давления топлива на фаску 12 игла распылителя отходит от седла вверх и топливо через отверстия распылителя попадает в камеру сгорания.

Когда электромагнитный клапан обесточивается, якорь силой пружины запираения прижимается вниз и шарик клапана 5 запирает дроссельное отверстие 6, давление в камере 8 вновь достигает той же величины, что и в аккумуляторе. Управляющий поршень вместе с иглой распылителя перемещается вниз, игла 11 плотно прижимается к седлу распылителя и запирает его отверстия, впрыск прекращается.

Пиковый электроимпульс на форсунку в момент начала подачи топлива характеризуется напряжением до 80 В и 20 А, сила тока удержания иглы — около 12 А.

Таким образом, при работе форсунок количество впрыскиваемого топлива пропорционально времени включения электромагнитного клапана и давлению в топливном аккумуляторе, не зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя и режима работы ТНВД. Это дает возможность организовать управляемый во времени впрыск топлива в две или в три порции: 1) пилотный впрыск (1...3 %) при ранних углах опережения для снижения шума двигателя; 2) основной впрыск (94...96 %); 3) дополнительный впрыск (1...5 %) для снижения дымности отработавших газов.

Баланс впрыскиваемого топлива для указанных порций впрыска определяется режимом работы двигателя.

3 Устройство системы газообмена

Схема системы газообмена дизельных двигателей Д-245.7 показана на рисунке 7 (отличия модификации Д-245.7Е4 выделены штриховыми линиями).

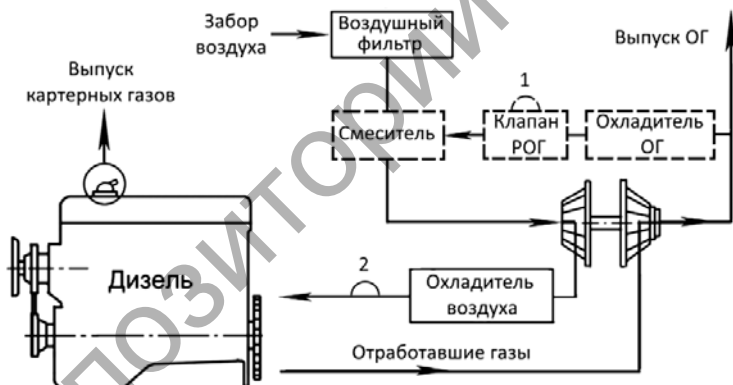
Воздухоочиститель (воздушный фильтр) имеет две ступени очистки с основным и контрольным бумажными фильтрующими элементами. Для контроля за степенью засоренности воздухоочистителя во впускном тракте двигателя может быть установлен датчик сигнализатора засоренности воздушного фильтра, который срабатывает при достижении разрежения во впускном трубопроводе 65 кПа и сигнализирует о необходимости замены фильтрующего элемента.

Устройство рециркуляции отработавших газов (далее — РОГ, англ. EGR) на двигателе Д-245.7Е4 позволяет сократить выбросы активных окислов азота NO_x до требуемых предельных норм Евро-4. Процесс рециркуляции

заключается в том, что часть выхлопных газов (5...20 %) из выпускного коллектора возвращается обратно во впускной коллектор и далее в цилиндры, где происходит «дожигание» химически активных окислов азота до инертного газа N_2O . Отработавшие газы, возвращаемые в цилиндры, предварительно охлаждаются.

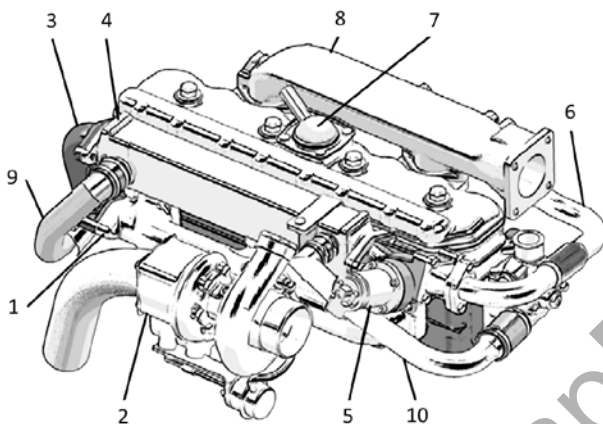
Устройство РОГ (рис. 8) включает охладитель РОГ 4, клапан рециркуляции 5 с датчиком обратной связи (положения), а также патрубки. Работа устройства обеспечивается в результате естественного перепада между давлением отработавших газов перед турбиной и давлением наддувочного воздуха.

Клапан РОГ 5 (рис. 9) управляется ЭСУ двигателя, открытие клапана и удержание его в определенном положении осуществляется электромагнитом 3 в зависимости от сигналов с датчиков температуры, давления во впускном коллекторе и частоты вращения коленчатого вала. В свою очередь, степень открытия клапана определяется бесконтактным датчиком обратной связи (датчиком положения клапана РОГ) и передается в ЭБУ в качестве информационного сигнала.



1 — датчик положения клапана РОГ (на двигателе Д-245.7Е4); 2 — датчик температуры и давления наддувочного воздуха

Рисунок 7 — Датчики в системе газообмена дизельного двигателя с РОГ



1 — выпускной коллектор; 2 — турбокомпрессор; 3 — патрубок подвода выпускных газов к охладителю РОГ; 4 — охладитель РОГ; 5 — клапан рециркуляции; 6 — патрубок подвода охлажденных газов к впускному коллектору; 7 — клапан вентиляции картера; 8 — впускной коллектор; 9 — патрубок подвода охлаждающей жидкости к охладителю РОГ; 10 — патрубок отвода охлаждающей жидкости от охладителя РОГ

Рисунок 8 — Устройство РОГ

Клапан РОГ необходимо периодически очищать, так как в процессе работы в нем накапливаются сажа и нагар, которые препятствуют протеканию газов во впускной коллектор. При засорении клапан будет заедать или не сможет закрываться. В результате дозирование рециркулируемых газов нарушится и в выхлопе появится черный дым, экономичность двигателя ухудшится, двигатель будет неустойчиво работать или глохнуть на холостом ходу. Охладитель рециркулируемых отработавших газов работает по принципу теплообменника, включенного в систему охлаждения дизеля.

Устройство последующей обработки отработавших газов на двигателе Д-245.7Е4 состоит из окислителя-нейтрализатора с сажевым фильтром и патрубков подвода и отвода отработавших газов. Окислитель-нейтрализатор конвертирует угарный газ CO и несгоревшие углеводороды



1 — клапан; 2 — корпус; 3 — электромагнит; 4 — штекерный разъем

Рисунок 9 — Клапан РОГ

СН в углекислый газ CO_2 и водяной пар, а специальный пористый материал в фильтре задерживает сажевые частицы.

Окислитель-нейтрализатор с сажевым фильтром работает по принципу проникающего параллельного потока, что гарантирует бесперебойную работу двигателя даже при неполной регенерации. Как правило, сажевые фильтры не нуждаются в обслуживании в течение первых лет работы, если не нарушают правила эксплуатации автомобиля.

При низкой температуре отработавших газов (менее $180\text{...}200\text{ }^\circ\text{C}$) происходит накопление сажевых частиц в фильтре с соответствующим ростом противодействия отработавшим газам. Степень предельного заполнения фильтра сажей определяется по косвенным признакам: 1) снижение тяги двигателя; 2) периодическая повышенная дымность отработавших газов; 3) повышенный расход топлива; 4) неустойчивые обороты холостого хода; 5) повышенный уровень моторного масла в двигателе; 6) неестественный шипящий звук при работе двигателя.

В случае появления указанных признаков необходимо провести регенерацию сажевого фильтра, которая в основном происходит за счет окиссации сажевых частиц — химической реакции с двуокисью азота (NO_2), образующегося в нейтрализаторе. Для протекания данной реакции оптимальной является температура отработавших газов в нейтрализаторе $300\text{...}350\text{ }^\circ\text{C}$. Нагрузочные режимы, обеспечивающие регенерацию, и их продолжительность указаны в руководстве по эксплуатации для конкретного автомобиля.

4 Электронная система управления двигателем

Электронная система управления двигателем (ЭСУД) позволяет точно и дифференцированно регулировать параметры процесса впрыскивания — цикловую подачу топлива, количество и размер порций, давление впрыска, а также степень рециркуляции отработавших газов. ЭСУД интегрирована в бортовую сеть управления и диагностики автомобиля.

В состав ЭСУД входят:

- 1) датчики и задающие устройства, которые регистрируют условия эксплуатации и управляющие воздействия водителя;
- 2) ЭБУ, который обрабатывает сигналы датчиков и задающих устройств по определенным алгоритмам и управляет исполнительными механизмами с помощью электрических выходных сигналов;
- 3) исполнительные механизмы, которые преобразуют электрические выходные сигналы ЭБУ в действие механических устройств.

Перечень датчиков и исполнительных механизмов, используемых на двигателях Д-245.7, их подключение и размещение на двигателе приведены на рисунке 10 и в таблице 3.

К разъему X3 подключаются исполнительные механизмы — форсунки, регулятор давления топлива (рис. 11), а также клапан РОГ. Назначение, устройство и принцип действия исполнительных механизмов рассмотрены выше.

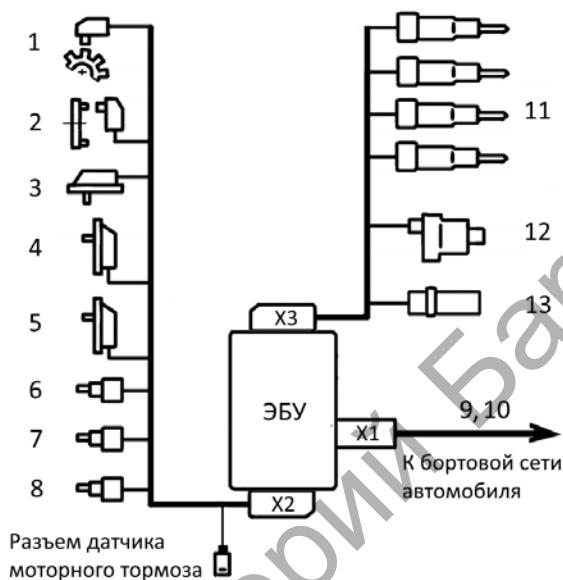


Рисунок 10 — Схема подключения датчиков и исполнительных механизмов на автомобиле ГАЗ-3309 с двигателем Д-245.7Е4 (обозначения соответствуют табл. 3)

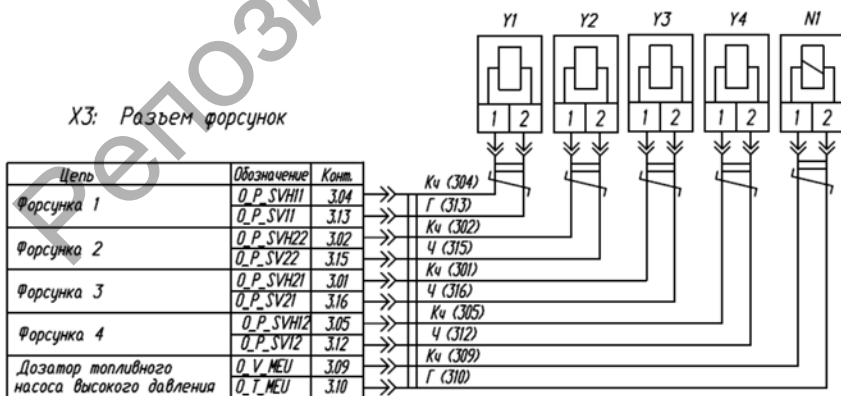


Рисунок 11 — Схема подключения форсунок и регулятора давления топлива на автомобиле ГАЗ-3309

Таблица 3 — Датчики и исполнительные механизмы ЭСУД на автомобиле ГАЗ-3309

Модификация двигателя	Д-245.7ЕЗ	Д-245.7Е4
Датчики		
1. Датчик частоты вращения коленчатого вала (на крышке распределения)	DG6 0 281 006 009 (“Bosch”)	
2. Датчик частоты вращения первичного вала редуктора привода ТНВД (на корпусе редуктора ТНВД)		
3. Датчик температуры и давления топлива (на топливопроводе к фильтру тонкой очистки или на его корпусе)	DS-K-TF 0 261 230 112 (“Bosch”), 5340.1130552 («ЯМЗ», РФ)	
4. Датчик температуры и давления масла (на блоке цилиндров или на корпусе масляного фильтра)		
5. Датчик температуры и давления наддувочного воздуха (на впускном коллекторе)	DS-S3-TF 0 281 006 102 (“Bosch”)	
6. Датчик давления топлива (на топливном аккумуляторе)	RDS4.2 0 281 002 937 (“Bosch”)	
7. Датчик температуры охлаждающей жидкости (на корпусе термостата)	WTF 0 281 002 209 (“Bosch”)	
8. Датчик температуры воздуха (на впускном коллекторе)	—	TF-L 0 280 130 026 (“Bosch”)
9. Датчик положения педали акселератора (в кабине автомобиля)	КДБА.453621.008-02 («Риком», РФ)	КДБА.453621.008-32 («Риком», РФ)
10. Датчик педали торможения	21.3720	
Исполнительные механизмы		
11. Форсунки (в головке блока цилиндров)	CRIN2 0 445 120 141 (“Bosch”)	CRIN2 0 445 120 245 (“Bosch”)
12. Топливный насос с регулятором давления	CR3.3 0 445 020 088 (“Bosch”, Германия)	
13. Клапан рециркуляции (на выходе охладителя РОГ)	—	EGR-Valve PV 45 480-00-004-02 (“Heinzmann GmbH” Германия)

Датчик частоты вращения коленчатого вала индуктивного типа (рис. 12) установлен в передней части двигателя. Задающим элементом служит импульсное колесо на шкиве коленчатого вала с 58 зубьями на венце, т. е. два зуба из 60 отсутствуют и образуют метку, соответствующую положению первого цилиндра двигателя в верхней мертвой точке. Аналогичный датчик используется в качестве датчика частоты вращения первичного вала редуктора привода ТНВД. Датчик получает сигнал от импульсного колеса, которое закреплено на валу привода ТНВД, и вращается синхронно с валом привода газораспределительного механизма.

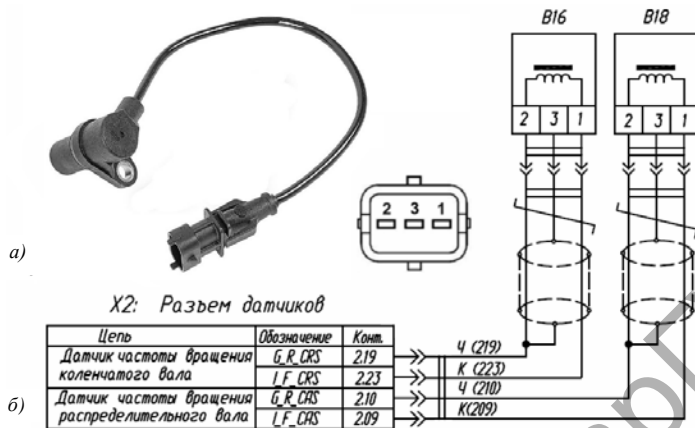


Рисунок 12 — Датчики частоты вращения (а) и схема подключения к ЭБУ (б)

Датчики температуры и давления топлива и масла имеют одинаковую конструкцию, параметры и схему подключения (рис. 13). Датчик температуры и давления масла контролирует работоспособность основных механизмов двигателя. Датчик температуры и давления топлива (диапазон измерения давления 20...400 кПа) позволяет контролировать степень загрязнения фильтра.

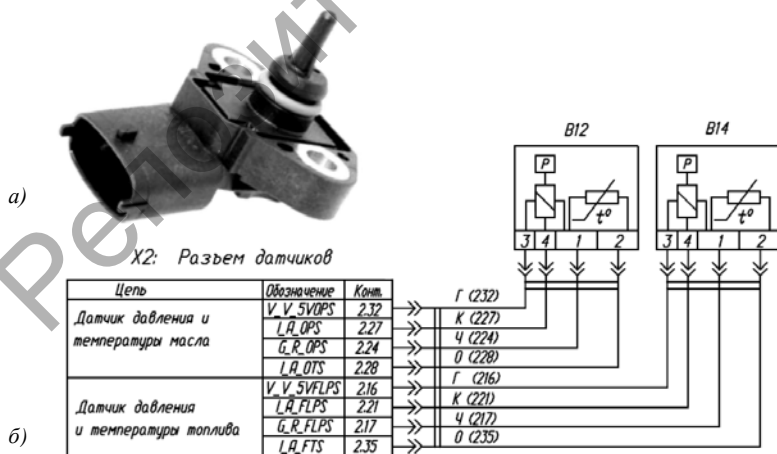
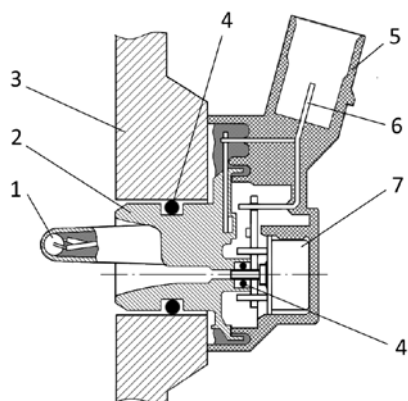


Рисунок 13 — Внешний вид (а) и схема подключения (б) датчиков давления и температуры масла и топлива



1 — терморезистор; 2 — основание датчика;
3 — трубопровод; 4 — уплотнительное
кольцо; 5 — штекерный разъем; 6 — контакты;
7 — измерительный элемент давления

Рисунок 14 — Устройство датчиков
температуры и давления масла
и топлива

Измерительный элемент датчика давления (рис. 14) состоит из кристалла 2 кремния, в котором вытравлена тонкая мембрана 1. На мембрану нанесены четыре пленочные тензорезистора, электрическое сопротивление которых изменяется пропорционально деформации мембраны в диапазоне 10...1 000 мкм. Тензорезисторы расположены таким образом, что при деформации мембраны электрическое сопротивление двух измерительных резисторов возрастает, а двух других — уменьшается. Под крышкой, которая закрывает измерительный элемент со всех сторон, создан вакуум, в результате датчик измеряет абсолютную величину давления.

Встроенная в датчик микросхема усиливает входное напряжение измерительного моста, компенсирует влияния температуры и линеаризирует

характеристику давления. При напряжении питания 5 В выходное напряжение в диапазоне 0...5 В подается через штекер 5 к ЭБУ, который по этому напряжению рассчитывает величину давления.

В корпус датчика встроен терморезистор 1 с отрицательным температурным коэффициентом, включенный по схеме с делителем напряжения. Падение напряжения на терморезисторе передается в ЭБУ, который по статической температурной характеристике, хранящейся в его памяти, вычисляет температуру.

Датчик температуры и давления наддувочного воздуха (рис. 15) служит для корректировки подачи топлива в зависимости от давления воздуха во впускном коллекторе, которое при работе двигателя с турбокомпрессором на номинальных оборотах составляет 0,16...0,18 МПа (1,6...1,8 бар), и температуры, которая зависит от количества рециркуляционных газов, температуры двигателя и окружающей среды. Напряжение питания датчика — 5 В, диапазон абсолютного давления — 0,05...0,3 МПа (0,5...3,0 бар). Датчик разделен на камеру давления с двумя чувствительными элементами и на камеру для вычислительного контура. Каждый чувствительный элемент представляет собой тонкую куполообразную диафрагму, определяющую исходный объем с определенным давлением. На поверхности диафрагмы расположены соединенные по мостовой схеме тензорезисторы, сопротивление которых изменяется при деформации от повышенного давления воздуха.

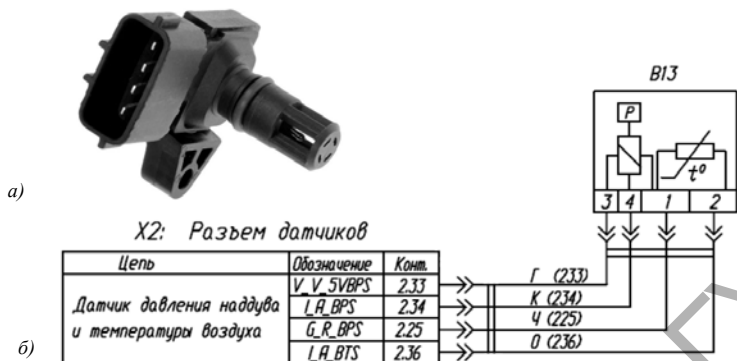
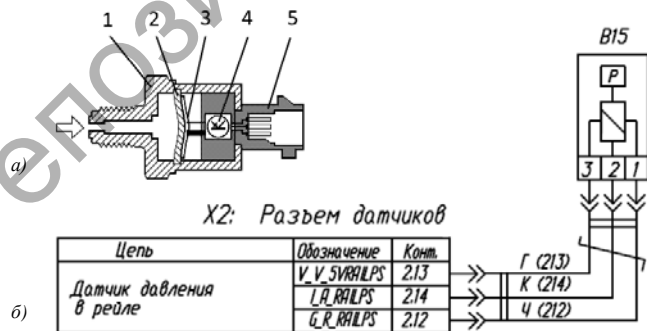


Рисунок 15 — Общий вид (а) и схема подключения (б) датчика температуры и давления наддувочного воздуха

Вычислительный контур датчика служит для усиления напряжения моста, компенсации температурного влияния и линеаризации характеристики давления. Выходной сигнал посылается в ЭБУ, где с помощью запрограммированной кривой характеристики используется для расчета давления наддува.

Датчик давления топлива в аккумуляторе (рис. 16) в качестве чувствительного элемента использует пьезокристалл, который реагирует на изменение давления (до 160 МПа) и создает слабый электрический ток. Усиленный сигнал передается в ЭБУ с частотой более 50 раз в секунду, что позволяет управлять регулятором давления топлива (см. рис. 2).



1 — контактный разъем; 2 — преобразователь сигналов; 3 — пьезоэлемент; 4 — стальная мембрана; 5 — корпус

Рисунок 16 — Устройство (а) и схема подключения (б) датчика высокого давления топлива в аккумулятор

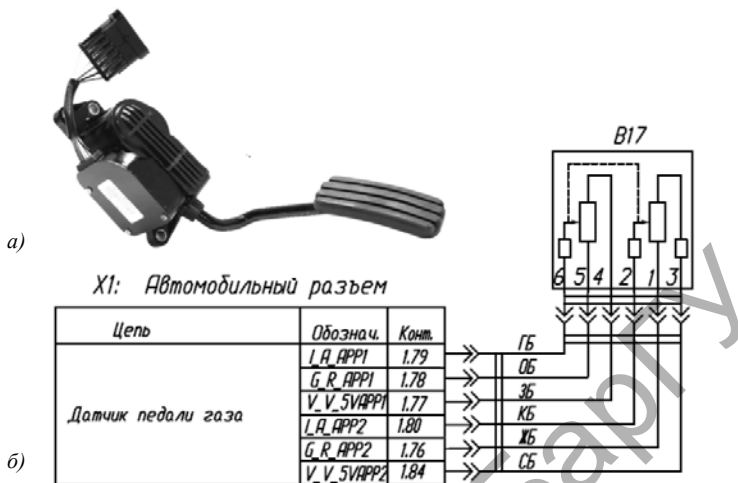


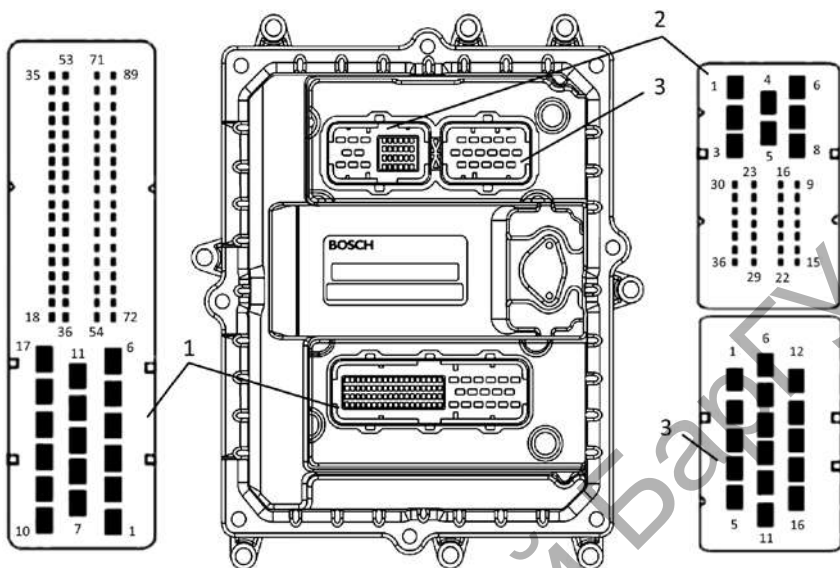
Рисунок 17 — Общий вид (а) и схема подключения (б) датчика педали акселератора

Педаль датчика акселератора (рис. 17) является задающим устройством, передающим команду водителя увеличить или уменьшить частоту вращения коленчатого вала двигателя. Педаль механически не связана с ТНВД, ее положение определяется двумя потенциометрами с напряжением питания 5 В, сигнал с которых передается в ЭБУ системы управления двигателем.

Электронный блок управления размещается в металлическом корпусе. Датчики, исполнительные устройства и линия подачи электрического питания подсоединяются к ЭБУ через многоштырьковые разъемы (рис. 18).

Для обеспечения протекания оптимального процесса сгорания в двигателе ЭБУ на каждом режиме рассчитывает необходимую в данный момент цикловую подачу топлива и момент начала впрыска. При этом должно быть принято во внимание множество факторов, представленных на блок-схеме (рис. 19).

Пусковая подача топлива рассчитывается как функция температуры и частоты вращения коленчатого вала при прокручивании. Пусковая доза топлива начинает впрыскиваться в момент поворота ключа зажигания на старт и продолжается до достижения двигателем минимальной частоты вращения холостого хода. Водитель не может вмешиваться в этот процесс и изменять величину пусковой подачи.



1 — разъем X1 бортовой сети автомобиля; 2 — разъем X2 подключения датчиков;
3 — разъем X3 подключения форсунок

Рисунок 18 — Электронный блок управления двигателем EDC7UC31

При нормальном движении автомобиля величина цикловой подачи рассчитывается в зависимости от положения педали акселератора и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Расчетная величина подачи сопоставляется с многопараметровой характеристикой управления автомобилем, чтобы действия водителя и нагрузка двигателя оптимально соответствовали друг другу. В случае блокировки или пробуксовывания ведущих колес соответствующие величины повышаются или снижаются.

Для исключения возможности разноса двигателя устанавливается максимальная частота вращения коленчатого вала, превышение которой допустимо кратковременно и контролируется ЭБУ.

В режиме холостого хода расход топлива в основном зависит от механического КПД двигателя и частоты вращения. Частота вращения холостого хода поддерживается минимально устойчивой, при этом минимальная частота вращения холостого хода не должна сильно снижаться под нагрузкой, что может привести к неравномерной работе двигателя и даже к его остановке. Это может иметь место, например, при увеличении нагрузки в электрической системе автомобиля, когда включен кондиционер, включении передачи в автоматической трансмиссии или при работе усилителя рулевого управления.

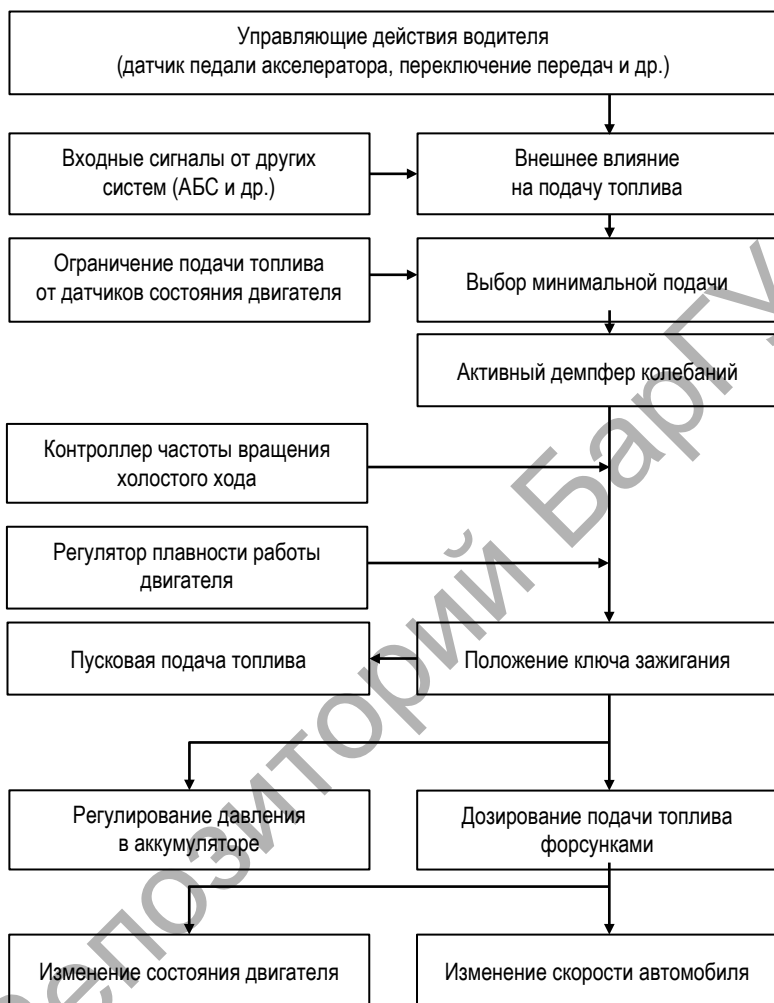


Рисунок 19 — Алгоритм функционирования ЭСУД

Для регулирования минимальной частоты вращения контроллер холостого хода изменяет величину подачи топлива до тех пор, пока действительная частота вращения не станет равной требуемой для данных условий. На прогревом двигателя минимальная частота вращения холостого хода устанавливается выше, чем при рабочей температуре.

Требуемая частота вращения и характеристика управления зависят также от температуры охлаждающей жидкости двигателя (по сигналу датчика

температуры охлаждающей жидкости). Кроме внешней нагрузки, следует учитывать моменты внутреннего трения и компенсировать их соответствующим регулированием частоты вращения, что осуществляется в течение всего срока эксплуатации автомобиля.

Регулирование плавности работы двигателя. Из-за наличия допусков при изготовлении и в зависимости от износа двигателя имеются различия в величине крутящих моментов, создаваемых отдельными цилиндрами. Это особенно проявляется на минимальном режиме холостого хода, что приводит к неравномерной работе двигателя. Система управления плавностью работы двигателя сравнивает работу цилиндров друг с другом в каждый момент времени. Затем происходит регулирование количества впрыскиваемого топлива в каждый цилиндр в зависимости от измеренной разницы в частоте вращения между отдельными цилиндрами, в результате чего вклад каждого цилиндра в создание крутящего момента двигателя оказывается одинаковым. Регулирование плавности работы двигателя осуществляется только в области малых частот вращения двигателя.

Управление режимом ограничения подачи топлива. Величина топлива, устанавливаемая нажатием на педаль акселератора, принудительно уменьшается в следующих случаях: 1) высокая эмиссия вредных веществ и сажи с выхлопными газами; 2) механическая перегрузка при максимальном моменте или при большом превышении частоты вращения; 3) слишком высокая температура охлаждающей жидкости, масла или отработавших газов турбокомпрессора.

Ограничение количества впрыскиваемого топлива формируется по ряду входных параметров, например, по частоте вращения коленчатого вала, температуре охлаждающей жидкости или сигналам других датчиков.

Демпфирование колебаний частоты вращения. В случае резкого нажатия или отпускания педали акселератора возникают быстрые изменения подачи топлива, что вызывает колебания крутящего момента и вращения двигателя и, как результат, «упругие» вибрации опор двигателя и трансмиссии. По команде ЭБУ впрыскивается меньшее количество топлива при увеличении частоты вращения и большее — при уменьшении, чем достигается эффективное демпфирование колебаний.

Внешнее влияние на величину цикловой подачи топлива оказывают ЭБУ других систем (например, антиблокировочная система тормозов), которые информируют ЭСУД о необходимости изменения частоты вращения коленчатого вала, крутящего момента и, следовательно, цикловой подачи топлива. Передача данных между ЭБУ автомобиля осуществляется посредством шины CAN согласно стандартам ISO 11 898 (скорость передачи информации более 125 кбит / с) и ISO 11 519-2 (скорость менее 125 кбит / с).

Из результирующей задаваемой величины подачи топлива определяются параметры работы регулятора давления в топливном аккумуляторе, а также момент начала впрыска и цикловая подача топлива.

Остановка двигателя производится путем прекращения подачи топлива как по управляющему действию водителя, так и в других случаях по команде ЭБУ.

Текущий контроль датчиков выполняется для того, чтобы удостовериться в наличии нормального напряжения питания и в том, что выходной сигнал датчика находится в допустимых пределах (например, для температурного датчика — $-40...+150$ °С). Цепь датчика считается неисправной, если неполадка присутствует в течение более долгого периода времени по сравнению с предустановленным. Наиболее частые неисправности — короткие замыкания на аккумуляторную батарею и «массу», а также обрывы проводников. В этом случае код неисправности сохраняется в памяти ЭБУ двигателя вместе с данными условий, при которых произошла неисправность (температура охлаждающей жидкости, частота вращения коленчатого вала и т. д.).

Если сигнал датчика выходит за допустимые пределы, то происходит переключение на значение по умолчанию из памяти микропроцессора. Эта процедура используется для входных сигналов напряжения аккумуляторной батареи, температуры охлаждающей жидкости, воздуха на впуске и моторного масла, давления наддува и атмосферного давления, некорректного сигнала датчика положения педали акселератора и тормозной системы.

Контроль выходных сигналов для исполнительных механизмов также производится одновременно с контролем связи с ЭБУ, при этом выявляются не только ошибки в работе исполнительных механизмов, но также короткие замыкания и дефекты проводников.

Контроль передачи данных другим блокам управления осуществляется одновременно с диагностикой шины CAN (например, ЭБУ антиблокировочной тормозной системой). Так как больше всего сообщений с повторяющимися временными интервалами отправляются определенными блоками управления, выход из строя одного из них можно определить проверкой периодичности этих сообщений.

Контроль внутренних функций блока управления (аппаратных и программных) предусматривает проверку отдельных блоков ЭБУ (микроконтроллер, модули памяти и др.). Многие проверки проводятся сразу после включения ЭБУ и регулярно повторяются во время работы в целях оперативного выявления неполадок.

Если в системе управления двигателем возникает критическая ошибка, угрожающая безопасной работе двигателя, ЭБУ устанавливает аварийный режим — предустановленное управление двигателем, которое поддерживает основные функции и при этом блокирует развитие ошибки. Частота вращения двигателя при этом не превышает 1 500 об./мин, у водителя остается возможность добраться до ближайшей станции технического обслуживания. ЭБУ не сможет возобновить нормальную работу двигателя, пока неисправность не будет устранена и не выполнена диагностика ЭСУД со сбросом ошибок.

Распознавание и обработка ошибок. Сигнал датчика или блока управления считается дефектным, если ошибка в нем проявляется через определенное время. Вплоть до окончательной диагностики дефектов в диагностируемой системе управления используются действительные параметры. Для большинства ошибок возможна их перепроверка, для этого сигнал некоторое время считается нормальным.

Каждая ошибка записывается в энергонезависимой области памяти ЭБУ в форме кода ошибки. Наряду с кодом фиксируется информация, содержащая условия эксплуатации дизеля и параметры окружающей среды при возникновении ошибки. После записи ошибки в память диагностика продолжается. Если в дальнейшем ошибка больше не возникает, то после выполнения определенных условий она удаляется из памяти ошибок.

Считывание ошибок проводится с помощью диагностической лампы, системного тестера серии KTS фирмы “Bosch” или скан-тестера. После считывания ошибок и устранения неисправностей ошибки можно удалить из памяти ЭБУ с помощью системного тестера “Bosch”.

При возникновении неисправности во время эксплуатации автомобиля (загорание или мигание диагностической лампы) необходимо провести диагностику с помощью вышеуказанных диагностических средств и устранить выявленные неисправности. При этом мигание диагностической лампы характеризует возникновение более серьезной неисправности, чем ее непрерывное высвечивание.

Для диагностирования следует нажать диагностическую клавишу и удерживать ее более 2 с. После отпускания клавиши диагностическая лампа «промигает» трехзначный блинк-код неисправности двигателя в виде серии вспышек: 1) после отпускания диагностической клавиши — пауза, после паузы — серия вспышек (например, 2); 2) пауза, после паузы — серия вспышек (например, 4); 3) пауза, после паузы — серия вспышек (например, 3).

В результате имеем блинк-код неисправности «243» (датчик давления масла).

При следующем нажатии на диагностическую клавишу диагностическая лампа выведет блинк-код следующей неисправности. Таким образом выводятся все неисправности, зафиксированные электронным блоком, после чего ЭБУ начинает вновь выводить первую неисправность.

После устранения неисправностей следует удалить записи о неисправностях в памяти ЭБУ следующим образом: 1) выключите зажигание и выдержите паузу в течение одной минуты; 2) нажмите диагностическую клавишу и, удерживая ее, включите зажигание; 3) удерживайте диагностическую клавишу в нажатом состоянии в течении 5...7 с после включения зажигания.

Чтобы убедиться в устранении неисправности, можно сделать пробную поездку, во время которой система диагностики ЭБУ проверяет ЭСУД и снова заносит в память сведения о возможно еще сохранившейся неисправности.

После пробной поездки следует провести повторное диагностическое считывание блинк-кодов неисправностей из памяти ЭБУ. Память ошибок должна быть очищена, что означает успешное завершение ремонта.

Если некоторые неисправности не удалось устранить, то необходимо провести диагностику с помощью системного тестера или скан-тестера даже в случае, если возникшая неисправность существенно не отражается на работе двигателя.

Так как в память ЭБУ могут быть записаны не все возникающие неисправности, водителю нужно следить за показаниями приборов, цветом выхлопных газов, прислушиваться к работе двигателя.

5 Особенности эксплуатации двигателей с топливной системой Common Rail

Для обеспечения длительной и безотказной работы ЭСУД в процессе эксплуатации следует придерживаться следующих основных положений:

1) перед пуском двигателя следует убедиться, что после включения зажигания диагностическая лампа ЭСУД мигает и погаснет по истечении не более 15 с;

2) после пуска двигателя диагностическая лампа не должна высвечиваться или мигать. В случае свечения или мигания лампы необходимо произвести диагностику системы управления дизелем;

3) при недостаточной зарядке аккумуляторной батареи ЭСУД блокирует запуск двигателя;

4) пуск дизеля буксировкой автомобиля производить запрещено;

5) отключение массы транспортного средства или плюсового провода аккумуляторной батареи допускается по истечении не менее 1 мин после отключения зажигания и остановки двигателя;

6) для предотвращения повреждения ЭБУ при отсоединении от него жгутов проводов или проводов аккумуляторной батареи, при замене элементов ЭСУД или предохранителей зажигания и выключатель «массы» должны быть выключены;

7) применять топливо и масло только тех марок, которые обеспечивают стабильную работу систем двигателя и окислителя-нейтрализатора с сажевым фильтром в течении назначенного ресурса (указаны в руководствах по эксплуатации двигателя и автомобиля);

8) при эксплуатации автомобиля в условиях низких температур окружающего воздуха, а также при частых поездках на короткие расстояния в целях регенерации сажевого фильтра рекомендуется с периодичностью в 300...400 км пробега совершать поездки по маршруту, требующему повышенной нагрузки на двигатель с продолжительностью движения 50...60 мин;

9) проведение ремонтных сварочных работ допускается только при отключенных клеммах аккумулятора, в противном случае ЭБУ может выйти из строя;

10) проворачивание стартером двигателя при незаполненной топливом системе питания запрещено, так как ТНВД может выйти из строя;

11) проверка работы двигателя согласно руководству по эксплуатации производится только после полной проверки ЭСУД с помощью диагностического прибора;

12) обслуживание устройства РОГ (удаление отложений в клапане рециркуляции и охладителе РОГ) производится через каждые 25 тыс. км пробега согласно руководству по эксплуатации двигателя;

13) обслуживание топливной системы необходимо проводить на специализированных сервисных центрах или с привлечением специалистов, сертифицированных фирмой "Bosch".

Контрольные вопросы

1. Перечислите назначение и особенности конструкции двигателей Д-245.7 экологического класса Евро-3 и Евро-4.
2. Объясните устройство системы питания автомобиля ГАЗ-3309.
3. Объясните устройство системы газообмена двигателей Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4.
4. Поясните принцип работы топливной системы Common Rail.
5. Перечислите и охарактеризуйте датчики ЭСУД Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4.
6. Перечислите и охарактеризуйте исполнительные механизмы ЭСУД Д-245.7Е3 и Д-245.7Е4.
7. Перечислите функции ЭБУ в различных режимах работы двигателей.
8. Поясните принципы диагностики ЭСУД.
9. Поясните особенности эксплуатации двигателей с топливной системой Common Rail.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дизели Д-245.7ЕЗ, Д-245.9ЕЗ, Д-245.30ЕЗ, Д-245.35ЕЗ. Руководство по эксплуатации 245ЕЗ-0000100 РЭ. — Минск, 2009. — 166 с.
2. Дизели Д-245.7Е4, Д-245.9Е4, Д-245.35Е4. Руководство по эксплуатации 245Е4-0000100 РЭ. — Минск, 2012. — 184 с.
3. Автомобили ГАЗ-3309 и ГАЗ-33098. Руководство по эксплуатации 33098-3902010 РЭ. — 2-е изд. — Н. Новгород : Автозавод «ГАЗ», 2013. — 82 с.
4. Дизельные аккумуляторные топливные системы Common Rail : учеб. пособие / пер. с англ. — М. : Легион-Автодата, 2005. — 48 с.
5. Системы управления дизельными двигателями / пер. с нем. — М. : КЖИ «За рулем», 2004. — 480 с.

Репозиторий БарГУ

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
<i>Лабораторная работа</i> Электронная система управления дизельным двигателем Д-245.7 с топливной системой Common Rail	4
1 Общая характеристика двигателей серии Д-245	4
2 Устройство системы питания	6
3 Устройство системы газообмена	13
4 Электронная система управления двигателем	16
5 Особенности эксплуатации двигателей с топливной системой Common Rail	28
Контрольные вопросы и задания	29
Список рекомендуемых источников	30

Репозиторий БарГУ

0+

Учебное издание

Дубень Игорь Викторович
Потапов Владимир Александрович

**ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ДИЗЕЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ Д-245.7
С ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМОЙ COMMON RAIL**

Методические рекомендации
для студентов специальности
1-74.06.01 Техническое обеспечение процессов
сельскохозяйственного производства

Ответственный за выпуск С. А. Березнюк
Технический редактор Е. И. Березич
Компьютерная верстка С. М. Глушак
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 22.05.2019. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Отпечатано на копировально-множительной технике.
Усл. печ. л. 1,85. Уч.-изд. л. 1,65. Тираж 30 экз. Заказ 230.

Учреждение образования «Барановичский государственный университет»
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/424 от 09.09.2016.
Ул. Войкова, 21, 225404, г. Барановичи. Тел. 8 (0163) 45 46 28, e-mail: rio@barsu.by .