

Л. В. Грехов

**ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА ДИЗЕЛЕЙ
С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Учебно-практическое пособие

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области энергетики и электротехники

Москва
Легион-Автодата
2009

УДК 621.436.038

ББК 31.365

T58

Л.В. Грехов. Топливная аппаратура дизелей с электронным управлением.
Учебно-практическое пособие.

– М.: Легион-Автодата, 2009.– 176 с.: ил. ISBN 5-88850-128-X (Код 2052)

Рецензенты: доктор техн. наук В.А. Марков,
канд. техн. наук М.В. Эммиль.

В пособии описаны конструкция, работа и обслуживание новых топливных систем с электронным управлением для дизельных двигателей, устанавливаемых на автомобили Audi, Caterpillar, Citroen, Chrysler, Detroit Diesel, Ferrari, Fiat, Ford, Honda, MAN, Mazda, Mercedes-Benz, MTU, Nissan, Opel, Perkins, Peugeot, Renault, Rover, Seat, Toyota, Volkswagen, Volvo 1992-2001 годов выпуска. Книга предназначена для специалистов в качестве источника информации по новой технике, студентов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» и «Автомобили», владельцев автотранспорта с дизельными двигателями и работников автосервиса. В пособии описано устройство, работа и свойства различных систем, а также необходимые для обслуживания технические и регулировочные данные. Вместе с тем оно предназначено для пополнения знаний по новой технике и предполагает элементарное знакомство с основами работы дизелей и их топливных систем.

Ил. 122. Библиогр. 80 назв.

ISBN 5-88850-128-X

Лицензия ИД №00419 от 10.11.99.

Подписано в печать 15.10.2009.

Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 11.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

© Грехов Л.В.

© Издательство "Легион-Автодата", 2003, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПО ТЕКСТУ СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....	5
2. ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ С КУЛАЧКОВЫМ ПРИВОДОМ ВПРЫСКИВАЮЩИХ ПЛУНЖЕРОВ	7
2.1. Рядные топливные насосы высокого давления	8
2.2. Эволюция распределительных насосов VE R.Bosch.....	13
2.3. Распределительный насос VP-44 фирмы R.Bosch.....	22
2.4. Система EPIC фирмы Lucas с роторным ТНВД.....	30
2.5. Роторные насосы PCF и DS фирмы Stanadyne.....	39
2.6. Насос-форсунки и безречные ТНВД с электронным управлением.....	43
3. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	54
4. АККУМУЛЯТОРНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ТИПА COMMON RAIL	62
4.1. Состав аккумуляторной топливной системы.....	62
4.2. Топливоподкачивающий насос и фильтры	68
4.3. ТНВД для аккумуляторной топливной системы	69
4.3.1. Насосы немецких фирм.....	69
4.3.2. Анализ конструкций ТНВД и их совершенствование	73
4.4. Аккумулятор, предохранительный клапан, датчик давления, аварийный ограничитель подачи	79
4.5. Электрогидравлические форсунки Common Rail.....	82
4.5.1. Конструкции электрогидравлических форсунок.....	82
4.5.2. Совершенствование форсунок и их клапанов	90
5. УПРАВЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОДАЧИ	99
5.1. Простейшие закономерности управления и возможности воздействия на характеристики впрыска.....	99
5.2. Требования к системам управления.....	110
6. ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ.....	112
6.1. Использование средств самодиагностики систем управления	112
6.2. Компьютерная функциональная безразборная диагностика ТПА	117
6.3. Традиционные способы диагностики и контроля ТПА.....	127
7. СПРАВОЧНЫЕ И РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ	136
8. ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ	143
8.1. Сборка-разборка элементов топливной аппаратуры.....	143
8.2. Фильтрация топлива	147
8.3. Зимняя эксплуатация	149
8.4. Очистка системы и удаление воздуха.....	153
8.5. Установка угла опережения впрыска.....	156
8.6. Проверка форсунок.....	161
9. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ.....	166
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	173

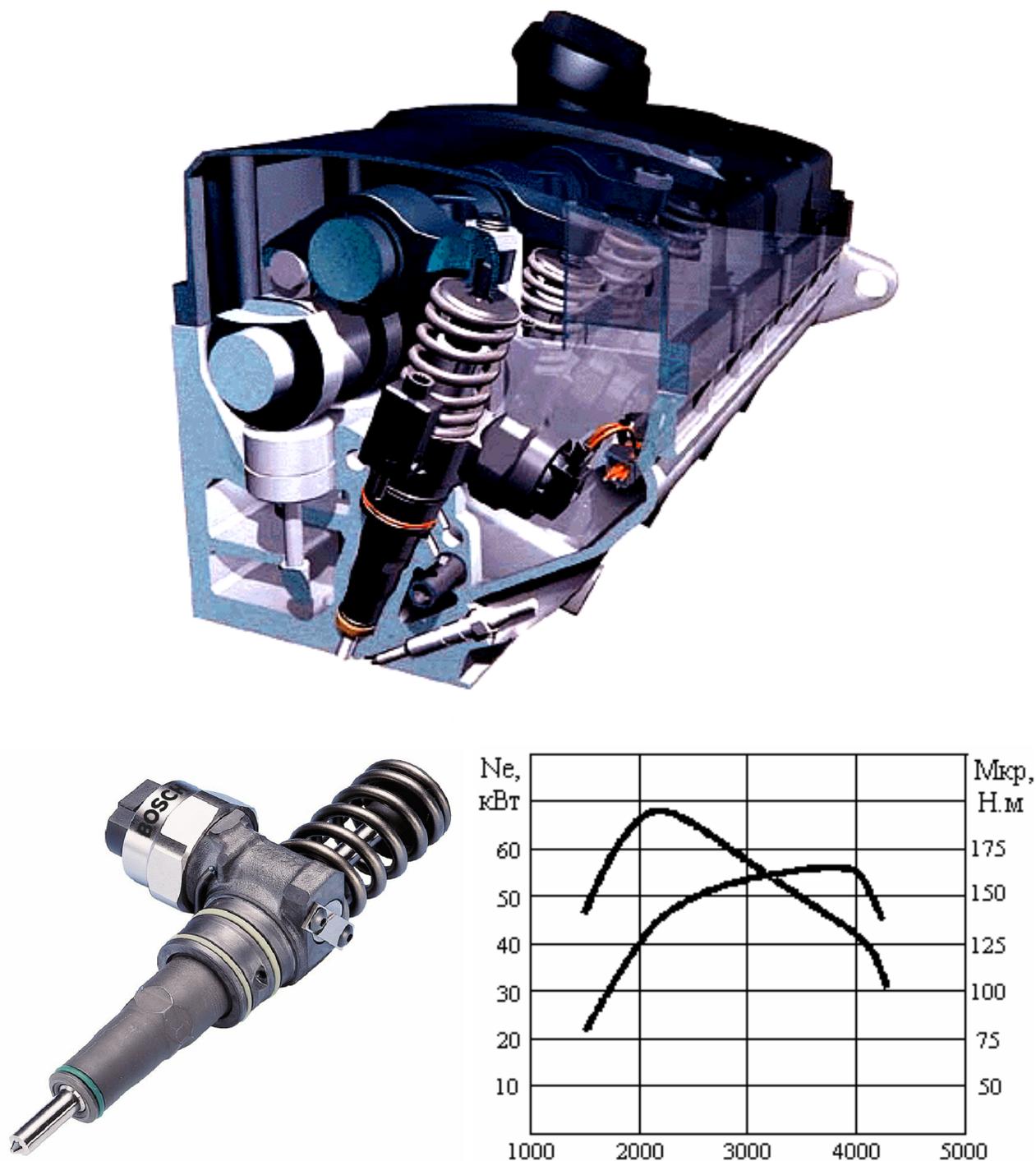


Рис. 37. Компонка, внешний вид электроуправляемой насос-форсунки R.Bosch и внешняя скоростная характеристика дизеля VW TDI (4ЧН79,5/88) для автомобиля Volkswagen-Lupo

Конечно, ввиду особенностей компоновки, усложняется соосное цилиндру расположение насос-форсунки, ее демонтаж и обслуживание (ее верхняя часть, в отличие от форсунок, не может находиться в атмосфере). Впрочем, несоосное и наклонное расположение насос-форсунки в дизеле с двумя клапанами на цилиндр predetermined. Однако высокое качество впрыска наряду с возможностями электронного управления подачей, включая и ее характеристику, обеспечило выполнение перспективных экологических норм, достижение

Фильтр тонкой очистки располагается на всасывании подкачивающего насоса и обеспечивает тонкость отсева 5 мкм. При этом на входе в ТПН образуется разрежение 0,03...0,05 МПа.

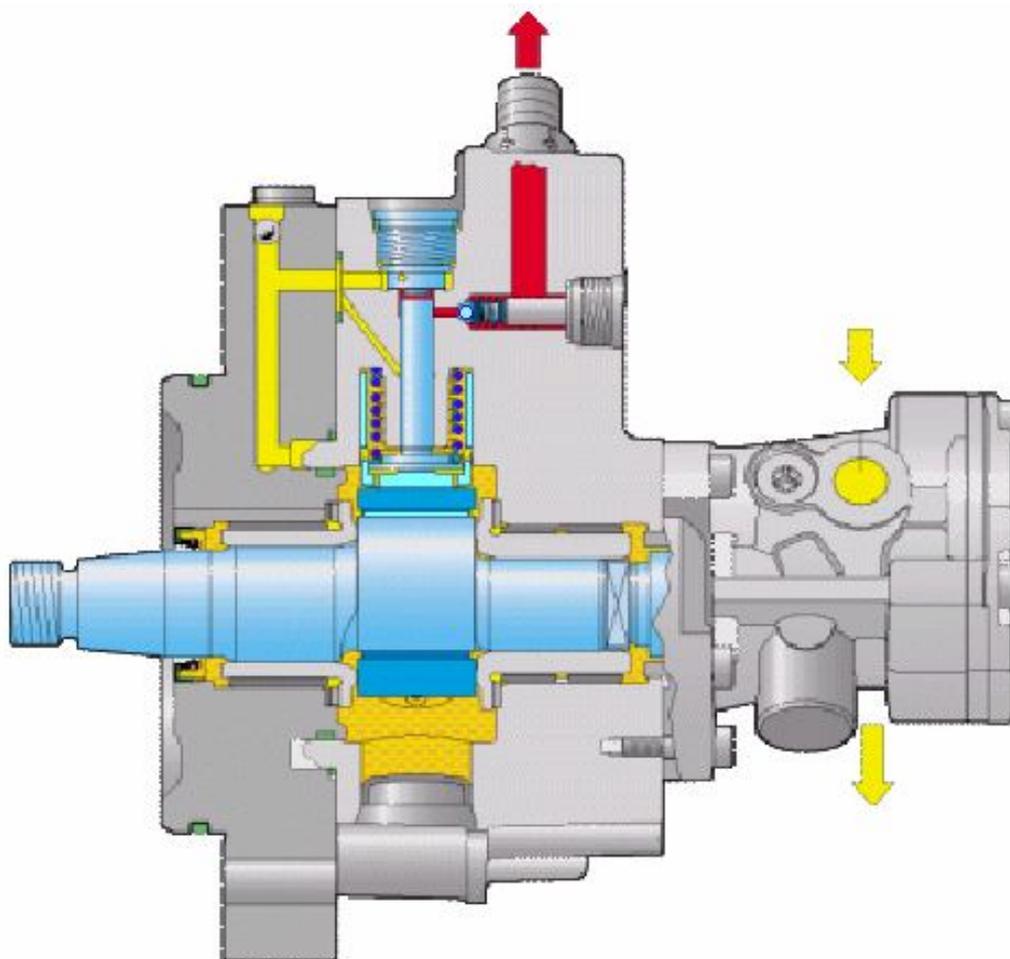


Рис. 56. ТНВД CP-3.4 R.Bosch системы Common Rail второго поколения.

ТНВД Common Rail фирмы "L'Orange GmbH" серии 4000 для дизелей фирмы "MTU" выполнен по четырехлучевой схеме (рис. 57,58) [41]. ТНВД имеет восемь насосных секций (по две на один эксцентрик). На рис. 58 отчетливо виден дезаксиал. Промежуточная втулка не снабжается лысками под толкатели плунжера. Кинематика привода такова, что скольжение втулки относительно толкателей под нагрузкой отсутствует, а при проскальзывании втулки с удвоенной скоростью мимо ненагруженного толкателя образуется несущий смазочный клин. Боковая сила, действующая на нижнюю тарелку толкателя, определяется только моментом трения скольжения эксцентрика во втулке, т.е. она меньше, чем в ТНВД Bosch. Угловое положение втулки определяется текущим контактом между ней и одним из толкателей. По этой причине один эксцентрик не может обслуживать более двух-трех плунжеров.

Высокая экономичность ТНВД также обусловлена регулированием производительности не за счет стравливания топлива на слив, а за счет дросселирования на всасывании с помощью электроуправляемого золотника

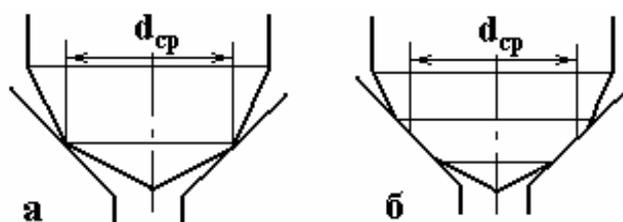


Рис. 81. Запорный ступенчатый конус клапана с постоянной эффективной площадью в процессе износа.

Привод клапанов. До недавнего времени доминирующим исполнительным элементом электроуправления был электромагнитный привод. В форсунках СР традиционно использовались соленоиды, при использовании неуравновешенных шариковых клапанов для получения большего силового воздействия применяются торцевые электромагниты [37]. Высказывались предложения использования для привода магнитострикционного привода, геленоидов и коленоидов [47]. Они обеспечивают большее усилие, чем обычный электромагнит, но потребляют больше энергии, более громоздки, имеют большее тепловыделение. Уже упоминался электродинамический привод.

Появление в последнее десятилетие современных пьезокерамик изменило ситуацию - преодолевается основной недостаток пьезопривода - относительные удлинения увеличены с 10^{-5} до 10^{-3} . Применительно к СР пьезопривод в настоящее время интенсивно разрабатывается и используется в форсунках фирмы "Siemens" [45]. Пьезопривод имеет для рассматриваемой цели следующие достоинства:

- высокое силовое воздействие;
- отсутствует ток удержания в открытом состоянии;
- высокий КПД (минимум - 70 %, удержания - 100 %);
- малый нагрев;
- высокие динамические качества электроклапана;
- большие возможности изменения подъема клапана для управления законом подачи электроимпульсным методом, в том числе, за счет реверсивности.

В таблице 6 приведены сравнительные данные по полученным показателям электрогидравлических форсунок с электромагнитным и пьезоприводом клапана.

Таблица 6. Разброс подач между максимальной и минимальной в лучших форсунках с электромагнитным приводом и пьезоэлементами Siemens [40]:

Р _{акк} , МПа	Запальная подача, мм ³		Основная подача, мм ³	
	Эл.-магнит	Пьезопривод	Эл.-магнит	Пьезопривод
30	0,49	0,28	0,72	0,41
70	0,59	0,27	0,73	0,31
120	0,68	0,27	1,17	0,63

Форсунки с другими обратными связями рассмотрены в пособии [47]. Отрицательная обратная связь по положению иглы обеспечивается, например, следящим за клапаном мультипликатором запираания (рис. 78, а). В [47] предложено также использование положительной обратной связи по разности давлений в подыгольной полости и камере гидроуправления путем использования малоинерционного двухзатворного автоматического клапана, каждый из седел которого сообщен с подыгольной и надыгольной полостью. При этом полость клапана сообщена с аккумулятором (рис. 78, б). Такая форсунка должна обеспечить относительно форсунки с двумя дросселями (рис. 78, б) снижение гидравлических потерь в канале подвода топлива в подыгольную полость.

Однако целесообразность применения таких устройств зависит не только от проявляемых свойств, но и от конструктивной сложности, а главное, работоспособности, технологичности и технологической устойчивости форсунки. Для обеспечения последних требуются дополнительные удачные решения.

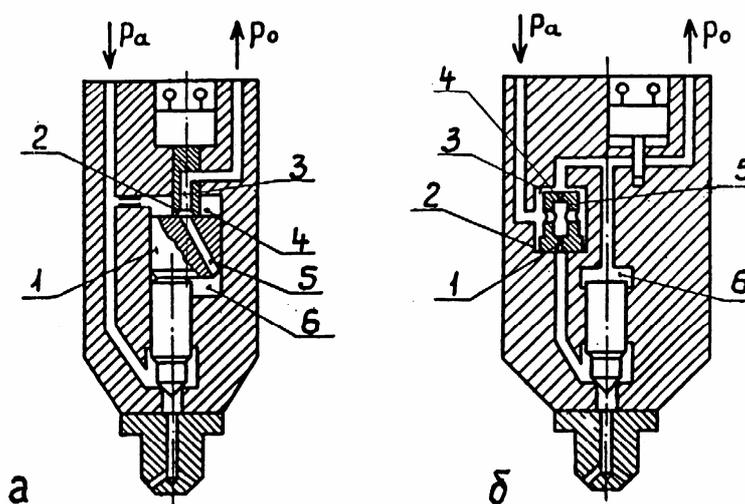


Рис. 78. Электрогидравлические форсунки с обратными связями: а - отрицательная обратная связь по положению иглы; б - положительная связь по разнице давлений в надыгольной и подыгольной полостях [47].

Минимизация расхода топлива на управление. В рассмотренных выше конструкциях форсунок только на рис. 74 имеется клапан, исключаящий непрерывный расход топлива на управление. С учетом высоких давлений нагнетания это обстоятельство очень важно. В основном, по причине такого нерационального использования сжатого топлива мощность на привод ТНВД СР выше, чем на привод современного ТНВД с теми же высокими давлениями впрыска. Проблему решает запорный орган - переключатель надыгольной полости с аккумулятора на слив. Двухзатворный (двухсторонний) клапан по рис. 79, а, как и клапан по рис. 74 нормально открыт по затвору в канале подвода топлива в управляющую камеру (надыгольную полость) от питающего аккумулятора, и нормально закрыт по затвору, обращенному к сливу. Расход на управление присутствует здесь только при перекладке клапана.

а также параметры, полученные путем обработки этих кривых (рис. 101). Другой подход – измерение давлений в начале и конце нагнетательного трубопровода – более удобен для измерений на работающем дизеле.

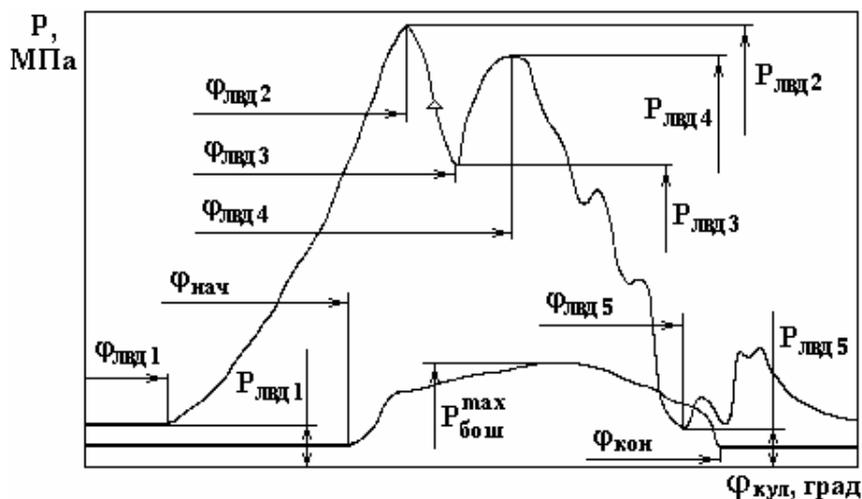


Рис. 101. Обозначения диагностических параметров с использованием кривой давления в ЛВД и в датчике-расходомере Bosch.

Перед началом систематических исследований с использованием математической модели проводилась ее проверка и идентификация по исследуемой ТПА. Осредняя экспериментальные кривые по ограниченной выборке, получаем некую “эталонную” экспериментальную кривую.

Следующий этап работы - определение полей допусков диагностических параметров. Оно велось математическим моделированием в рамках однофакторных экспериментов при изменении в допускаемых диапазонах 29 структурных параметров и технологической неустойчивости (табл. 11). За границы интервалов допускаемых отклонений диагностических параметров взяты наибольшие отклонения из 29 параметров (левый столбец табл. 12).

Создание диагностической модели и алгоритма распознавания. Это самый сложный, трудоемкий и дорогостоящий процесс для создателей диагностического комплекса. Заранее для конкретного объекта не очевидны размер и состав комплекса необходимых и достаточных диагностических параметров. Ряд неисправностей не диагностируется на одном режиме работы, а использование нескольких разных режимов нельзя считать существенным усложнением методики и техники испытаний. В качестве диагностических режимов всегда использовались пуск и холостой ход, а также один дополнительный режим. Для некоторых условий возможен нагрузочный режим (диагностика тракторного дизеля с валом отбора мощности, танкового дизеля на стенде и т.п.), для остальных – холостой ход на максимальной частоте. На рис. 102 - 104 представлены примеры изменения диагностических кривых при неисправностях: кривые давления в датчике ЛВД, кривые давления в датчике Bosch (в начале длинного трубопровода за соплами форсунки), интеграл давления датчика в ЛВД за время впрыска и фазовый портрет (зависимость давления в ЛВД от его производной по углу поворота вала).