

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

# ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ МОТОР-ТЕСТЕРОМ FSA 500

Практикум  
для специальностей 1-37 01 06 «Техническая  
эксплуатация автомобилей (по направлениям)»,  
1-37 01 07 «Автосервис»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск  
БНТУ  
2021

УДК 621.43-044.3:681.2 (075.8)

ББК 31.355я7

Д44

**С о с т а в и т е л и:**

*А. С. Гурский, Е. Л. Савич, И. А. Серебряков,  
Д. А. Тиво, В. Г. Шостак*

**Р е ц е н з е н т ы:**

зам. ген. дир-ра БелНИИТ «Транстехника» *Д. Н. Коваль*;  
кафедра «Моделирование и проектирование» УО БГАТУ,  
зав. кафедрой, канд. пед. наук, доцент *Н. Г. Серебрякова*

Д44 **Диагностирование** двигателей мотор-тестером FSA 500 : практикум для специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)», 1-37 01 07 «Автосервис» / сост.: А. С. Гурский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – 60 с.  
ISBN 978-985-583-217-2.

В издании изложены методические указания к лабораторным работам по изучению назначения, возможностей и практического применения мотор-тестера Bosch FSA 500 при диагностировании автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями, а также его совместного использования с другим диагностическим оборудованием.

**УДК 621.43-044.3:681.2 (075.8)**

**ББК 31.355я7**

**ISBN 978-985-583-217-2**

© Белорусский национальный  
технический университет, 2021

## Лабораторная работа № 1

### ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ МОТОР-ТЕСТЕРОМ FSA 500

**Цель работы:** изучить назначение, технические характеристики, состав оборудования и принадлежностей мотор-тестера FSA 500. Практически отработать порядок подключения мотор-тестера FSA 500 к автомобилю.

**Оборудование и инструменты:** мотор-тестер FSA 500 с датчиками и принадлежностями, компьютер с программным обеспечением.

#### 1.1. Общие положения

Диагностирование современного автомобильного двигателя подразумевает комплексное исследование его работы. Используются методы общего и поэлементного диагностирования. Для проведения общего диагностирования используется несколько основных типов диагностических приборов.

**Диагностические сканеры** предназначены для отображения информации из электронных блоков управления (информации штатных датчиков автомобиля, ошибок, и т. д.).

**Газоанализаторы** предназначены для определения состава отработавших газов, по которому может быть проведена общая диагностика систем двигателя.

**Эндоскопы** предназначены для визуального осмотра скрытых и труднодоступных поверхностей двигателя (зеркала цилиндров, деталей ГРМ и т. п.).

**Приборы для проверки ЦПГ давлением или разряжением** предназначены для косвенного диагностирования состояния ЦПГ по утечке давления и компрессии.

Для непосредственного измерения параметров работы различных узлов двигателя, системы зажигания и элементов ЭСУД используются **мотор-тестеры**. К этим параметрам можно отнести напряжение, ток, температуру, давление. Также можно наблюдать за их изменением во времени.

В отличие от сканеров, привязанных к той или иной ЭСУД, мотор-тестер одинаково успешно применяется на любых двигателях,

начиная от карбюраторных и заканчивая наиболее современными, с непосредственным впрыском топлива. Фактически мотор-тестер представляет собой мощный универсальный измерительный инструмент, при помощи которого можно работать не только с двигателем, но также с другими агрегатами автомобиля (коробкой передач, раздаточной коробкой, подвеской и т. д.).

Проборазы нынешних мотор-тестеров появились довольно давно. В основном они представляли собой комплексы электроизмерительных приборов для измерения тока, напряжения, угла замкнутого состояния контактов, частоты вращения коленчатого вала двигателя и т. п. В их состав мог входить также осциллограф, позволяющий наблюдать быстротекущие электрические процессы, например, в системе зажигания.

Бурное развитие микроэлектроники и компьютерной техники произвели революцию в мире мотор-тестеров. Современные мотор-тестеры (например, Bosch FSA 500/720/740/760) сочетают в себе несколько приборов, таких как мультиметр, манометр, многоканальный цифровой осциллограф и др., как требующих подключения персонального компьютера, так и автономных.

В данной лабораторной работе рассматривается мотор-тестер Bosch FSA 500. Он предназначен для диагностики бензиновых и дизельных двигателей автомобилей. Его возможности позволяют применять его для проверки датчиков, исполнительных элементов, а совместное использование со сканером Bosch KTS позволяет также диагностировать неисправности электронных блоков управления.

*Возможности оборудования:*

- совместная работа с KTS и FSA 050;
- генератор сигналов для эмуляции сигналов датчиков;
- режим 24-часового отслеживания тока разряда;
- проверка сигнальных шин (например, CAN-bus);
- измерение разрежения и избыточного давления;
- импорт и хранение сигналов для сравнения;
- сопоставление полученных и эталонных показаний;
- отображение сигналов во вторичной цепи зажигания;
- русифицированное ПО;
- встроенный аккумулятор;
- ударостойкий корпус;
- Bluetooth-интерфейс.

Общий вид мотор-тестера представлен на рис. 1.1.

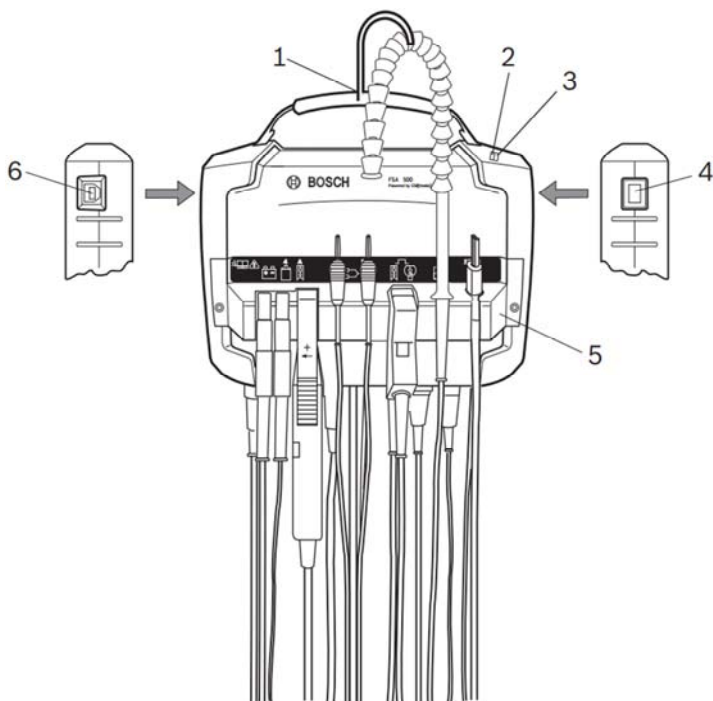


Рис. 1.1. Общий вид мотор-тестера

- 1 – рукоять с крюком;
- 2 – светодиодный индикатор заряда батареи;
- 3 – светодиодный индикатор подключения к компьютеру;
- 4 – кнопка включения;
- 5 – панель для размещения датчиков;
- 6 – USB-разъем

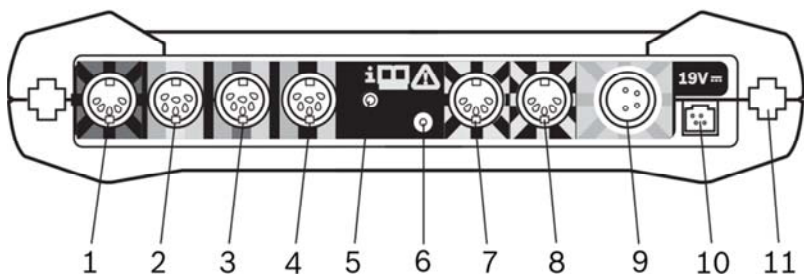


Рис. 1.2. Вид мотор-тестера со стороны подключения разъемов

Таблица 1.1

## Гнезда для подключения оборудования к мотор-тестеру

Позиция	Назначение разъема
1	Провод подключения к аккумулятору В+/В-
2	Датчик вторичных цепей зажигания, токоизмерительные клещи на 30 А, токоизмерительные клещи на 1000 А или адаптерный провод 1 681 032 098 с датчиком давления жидкости
3	Многофункциональная линия измерения СН2, линия измерения с делителем напряжения, токоизмерительные клещи на 30 А или токоизмерительные клещи на 1000 А
4	Многофункциональная линия измерения СН1, линия измерения с делителем напряжения, токоизмерительные клещи на 30 А или токоизмерительные клещи на 1000 А
5	Соединение со шлангом (измерение давления воздуха)
6	Приспособление для дистанционного включения
7	Триггерные клещи или адаптерный провод 1 684 465 513 для клеммного датчика
8	Датчик температуры масла, воздуха, ИК-сенсор температуры
9	Соединительный провод кл.1/кл.15/TD/TN/EST
10	Разъем блока питания
11	Разъем подключения питания при установке на подставку

В базовое оснащение прибора входят принадлежности, представленные на рис. 1.3 и 1.4 и подписанные соответственно их расположению.

Все оборудование поставляется в фирменном кейсе Bosch и укомплектовано инструкцией, а также диском с программным обеспечением Bosch Compact soft.



*а*

*б*

Рис. 1.3. Мотор-тестер и основные принадлежности:  
*а* – трехканальный провод для генератора сигналов;  
 токоизмерительные клещи 30 А; датчик вторичных цепей зажигания;  
 токоизмерительные клещи 1000 А;  
*б* – мобильный измерительный модуль; блок питания 19V DC;  
 кабель USB; USB-адаптер Bluetooth



*а*

*б*

Рис. 1.4. Коммутационная аппаратура:  
*а* – пульт дистанционного управления; датчик температуры;  
 многофункциональный провод CH2; Многофункциональный провод CH1;  
*б* – шланг для измерения давления; провод V+/V- для подключения  
 к клеммам АКБ; набор щупов; преобразователь сигналов

Мотор-тестер FSA дополнительно может быть укомплектован следующим оборудованием:

- триггерные клещи 30 А (1 687 225 020);
- зарядная подставка (для монтажа на стену или тележку) (1 680 580 007);

- тележка (требуется зарядная подставка) (1 688 003 246);
- КВ-зажим вторичный, черный (1 687 225 021);
- клеммный датчик 4,5 мм (1 687 224 951);
- клеммный датчик 6,0 мм (1 687 224 950);
- соединительный провод для клеммного датчика 3 м, для FSA 500 требуется адаптер (1 684 465 513) (1 684 463 475);
- инфракрасный датчик температуры (1 687 230 066);
- датчик температуры воздуха (1 687 230 060);
- удлинительный провод для датчика температуры (1 684 465 517);
- Y-образный адаптер с переключателем (1 687 023 356);
- датчик давления жидкости (1 681 032 098), для FSA 500 требуется адаптер (1 687 231 250);
- комплект для измерения давления жидкости с датчиком, для FSA 500 требуется адаптер (1 681 032 098) (1 687 430 008);
- адаптер FSA 500 для набора для измерения давления жидкости/датчика (1 681 032 098);
- тестер гибрида FSA 050 (0 684 010 050);
- DCU 130 (0 684 400 130);
- зарядная станция для DCU 130 (1 687 023 591).

Программное обеспечение Bosch Compact soft позволяет в широкой степени использовать возможности оборудования. С помощью имеющихся датчиков производится более 40 видов проверок различных систем и агрегатов автомобиля. Диагностируется как состояние двигателя, так и других агрегатов, например, автоматических коробок передач. Полный перечень возможных проверок приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

### Перечень разделов в меню выбора проверок

1. Идентификация транспортного средства	Транспортные средства можно идентифицировать по данным клиента, стандартной настройке, марке производителя или кодовому номеру ключа
2. Этапы проверки	В процессе проверки пользователь может выполнить следующие этапы: измерить ток покоя АКБ, проверить относительную компрессию двигателя. Проверить состояние АКБ по пусковому току, измерить токсичность ОГ (необходимо дополнительное оборудование)



3. Тестирование компонентов	Меню проверки отдельных узлов транспортного средства: электрооборудование (шина CAN, лампы с ШИМ, провода), измерение давления и температуры, датчики (датчик температуры, частоты вращения, положения), система впуска/выпуска, система зажигания
4. Осциллограф	Универсальный 2/4-канальный осциллограф. Осциллограф первичной и вторичной цепи зажигания (от 5 до 50 кВ). Характериограф. Характеристики CH1-CH2
5. URI	Анализ напряжения, анализ тока, мультиметр, неплотный контакт и давление
6. FSA 050	Пункты меню для функций анализ изоляции, анализ высокого напряжения, измерение сопротивления, измерение целостности цепей, измерение емкости и передача данных
7. Генератор сигналов	Через CH2 может быть выдан связанный с массой сигнал. Возможные формы сигналов: синус, прямоугольник, треугольник или постоянное напряжение. В то же время можно наблюдать ответный сигнал через CH1
8. Сравнительные кривые	Пункты меню для функций: поиск, экспорт, импорт, сохранение и реконструкция сравнительных кривых
9. Настройки	Настройка параметров для всех этапов проверки, например, язык, единицы измерения или окно частоты вращения, asanetwork, модуль измерения FSA, FSA 050

Для наиболее полного процесса диагностирования технического состояния двигателя, а также возможности использовать все предусмотренные возможности мотор-тестера, целесообразно использовать его совместно со сканером Bosch KTS 520. Он является модулем, предназначенным для диагностирования блоков управления, дополнительно оснащенных функциями мультиметра и осциллографа. Сканер KTS 520 может выполнять следующие функции:

- диагностика блоков управления;
- вывод из памяти данных о неисправностях;
- отображение фактических значений;
- управление исполнительными механизмами;
- обеспечение вывода графической информации с фактическими значениями во время тестирования (кривые зависимости от времени);

- использование других специальных возможностей блока управления, таких как, например, сброс интервала обслуживания;
- отображение расположения мест установки и распределения контактов диагностических разъемов;
- использование программного обеспечения Bosch ESI[tronic] (проверка компонентов, схемы электрических соединений, положения установки компонентов, технические требования на проведение испытаний, инструкции по сборке/установке, информация по техническому обслуживанию);
- использование осциллографа для регистрации значений, полученных при тестировании.

Программное обеспечение ESI[tronic] – электронная система информации.

## 1.2. Выполнение работы

Для подключения мотор-тестера к автомобилю и последующего его диагностирования необходимо выполнить следующие действия:

1. Включить мотор-тестер, зажав черную кнопку 4 в торце прибора (рис. 1.1). При включении прибора должны замигать один или оба светодиода 2, 3 и раздаться щелчки внутри прибора.

Светодиоды 2 и 3 во время работы прибора отображают информацию о его состоянии, которая отражена в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Индикация состояния мотор-тестера

Состояние светодиодного индикатора	Значение
Фиолетовый индикатор	Мотор-тестер подключен к сети и производится зарядка аккумулятора
Белый индикатор	Прибор находится в режиме ожидания подключения
Красный индикатор	Низкий заряд аккумулятора или разрыв связи
Синий индикатор	Установлено соединение по Bluetooth
Зеленый индикатор	Аккумулятор заряжен

2. Запустить программное обеспечение на компьютере (рис. 1.5), выполнить вход, удостовериться в том, что тестер либо соединен

USB-кабелем с компьютером, либо в USB-порту компьютера находится Bluetooth-адаптер.

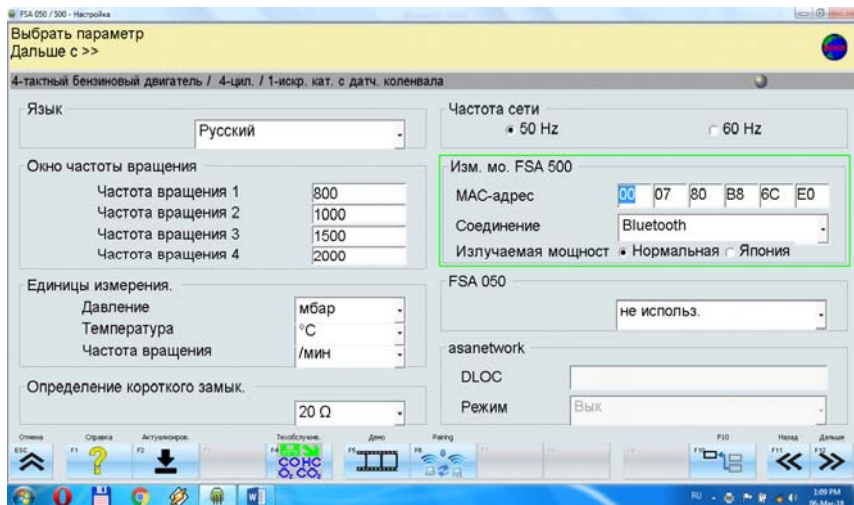


Рис. 1.5. Стартовое окно программы

3. Выполнить подключение мотор-тестера: подсоединить блок питания и подключиться к ПК.

Подключение к компьютеру можно выполнить как проводом USB, так и через Bluetooth. В стартовом окне выбираем тип подключения и ждем «Далее». Первое подключение удобнее выполнять с помощью кабеля, тогда в программном обеспечении автоматически зафиксируется MAC-адрес мотор-тестера, что позволит в дальнейшем автоматически устанавливать связь по Bluetooth (рис. 1.6). При подключении кабелем светодиод 3 замигает зеленым цветом, по Bluetooth – синим.

4. После установления соединения автоматически запустится окно выбора этапа проверки (рис. 1.7)

В таблице 1.4 приведен перечень проверок.

Работа начинается с идентификации транспортного средства (рис. 1.8).

5. Подключить датчики, требуемые для проведения диагностических измерений, к мотор-тестеру через специальные разъемы. Правила подключения к разъемам указаны в инструкции к каждому

датчику, цвета провода и маркировка около гнезда датчика должны совпадать (табл. 1.1).

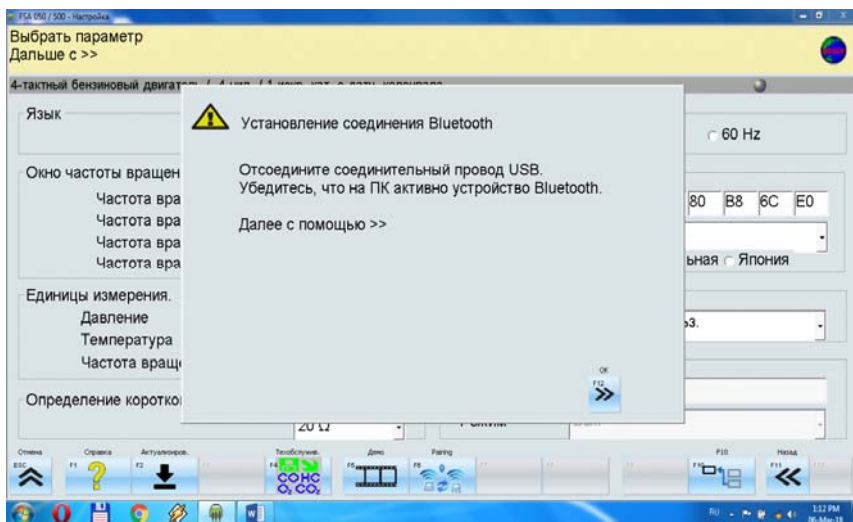


Рис. 1.6. Подключение через Bluetooth

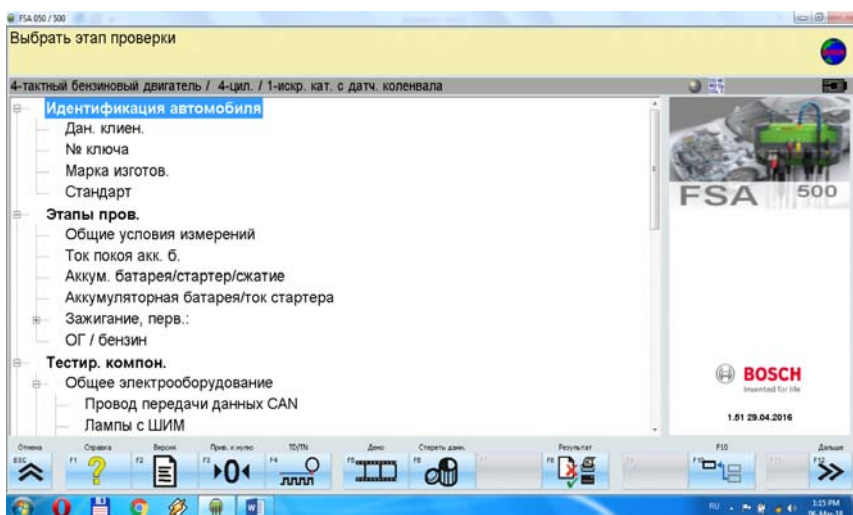


Рис. 1.7. Выбор проверки

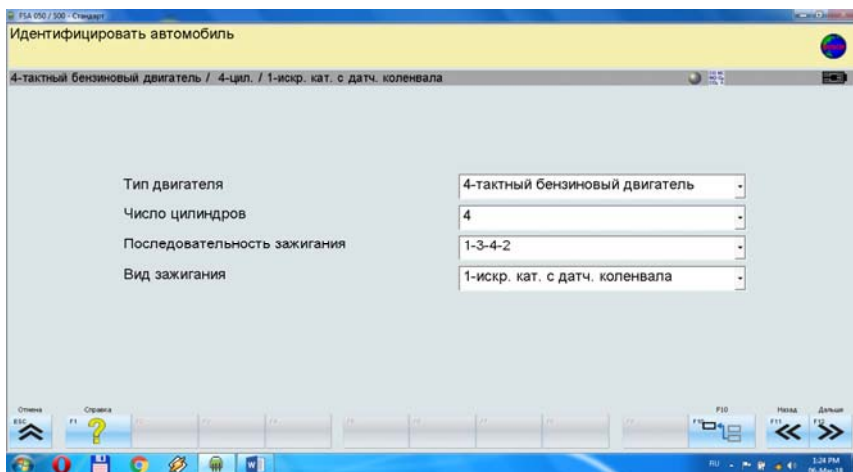


Рис. 1.8. Окно идентификации автомобиля

*Управление с помощью пульта.* С помощью клавиши приспособления для дистанционного включения можно выбрать функциональную клавишу пуска (F3) или функциональную клавишу остановки (F4) в программном обеспечении FSA 500 «CompacSoft [plus]». Пульт подключается ко входу 5 (рис. 1.2) мотор-тестера.

При проведении испытаний необходимо четко следовать рекомендациям программы. Вверху окна будет выводиться информация о неправильном подключении и даваться подсказка.

### 1.3. Проведение испытаний

Программное обеспечение мотор-тестера Bosch FSA 500 позволяет проводить различные проверки имеющимся аппаратным обеспечением. Рассмотрим их и выполним на практике.

#### 1.3.1. Режим мультиметра

В режиме мультиметра мотор-тестер передает на экран текущие показания подключенных датчиков и измерительных устройств.

Для проведения проверки подключаются датчики, предназначенные для измерения интересующих нас величин.

1. Подключить провод В+/В- к выходу 1 (рис. 1.2) мотор-тестера и соответствующим клеммам АКБ; датчик температуры – к выходу 8, измерительный конец датчика прислоняется к точке измерения или опускается в жидкость; шланг – к выходу 5 и точке измерения (штуцеру); датчик давления жидкости – к выходу 2 и точке измерения (например, к штуцеру для измерения давления топлива на топливной рейке).

2. Выбрать в меню (рис. 1.7) пункты URI => Мультиметр и нажать «Далее».

3. В появившемся окне (рис. 1.9) в соответствующих графах будут выводиться фактические значения величин.

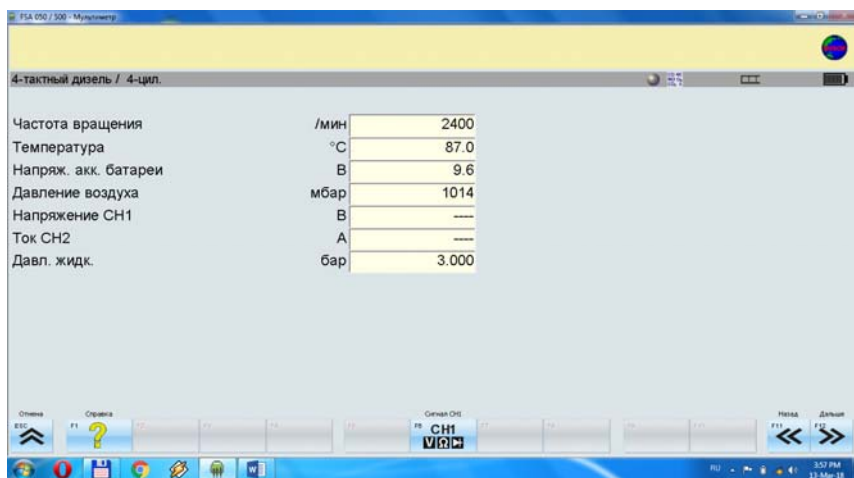


Рис. 1.9. Окно мультиметра

### 1.3.2. Измерение относительной компрессии

Относительная компрессия служит косвенным показателем состояния цилиндра-поршневой группы двигателя. Основное преимущество предварительной оценки двигателя по измерению относительной компрессии – простота процесса при наличии соответствующего оборудования.

1. Для измерения относительной компрессии необходимо воспрепятствовать пуску двигателя.

2. Подключить провод В+/В- к выходу *I* (рис. 1.2) мотор-тестера и соответствующим клеммам АКБ. Первым подключается зажим черного цвета к клемме (-) АКБ.

3. Подсоединить токовые клещи 1000 А к СН2 мотор-тестера. Установить их на один из силовых проводов, отходящих от АКБ, при этом необходимо учитывать полярность. Стрелка со знаком «+» должна быть направлена к плюсовой клемме АКБ. Проследить, чтобы клещи были плотно сомкнуты и установлены в цепи до генератора.

4. В окне выбора типа испытаний: Этапы пров. => Аккумулятор => Стартер => Сжатие. Откроется окно проведения испытаний.

5. Запустить выполнение испытания кнопкой F6 или с помощью дистанционного пульта, начать пуск двигателя, прекратить его через 4–5 с.

6. После окончания измерений на экран будут выведены относительная компрессия и график зависимости потребляемого стартером тока от угла поворота коленчатого вала (рис. 1.10).

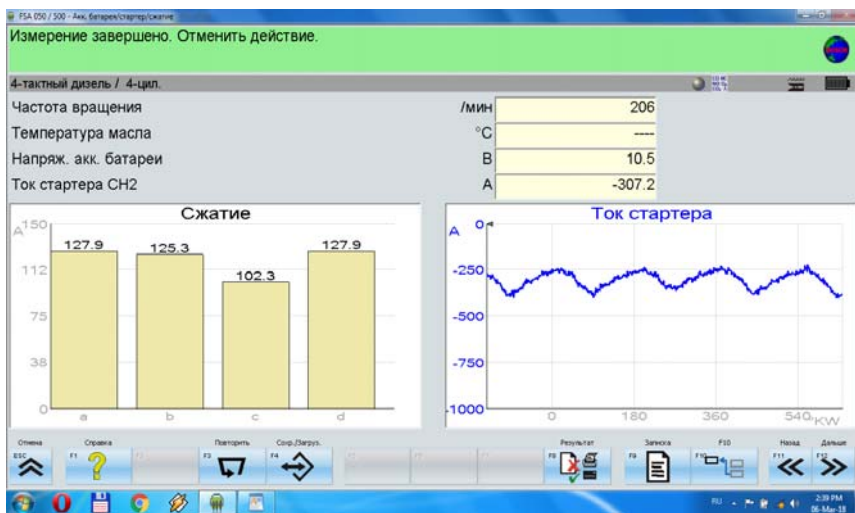


Рис. 1.10. Окно результатов проверки относительной компрессии

### 1.3.3. Проверка давления и разряжения

Проверка давления газа может осуществляться штатным датчиком давления, встроенным в мотор-тестер. За изменением текущих

величин давления газа и жидкости можно наблюдать в окне мультиметра. Для наблюдения процесса в динамике представляется возможным построение графика зависимости давления от времени (рис. 1.11).

Для проверки разряжения необходимо подключить шланг из набора принадлежностей ко входу 5 мотор-тестера, другой конец шланга подключается непосредственно к точке измерения давления.

Для удобства наблюдения за относительной величиной изменения давления, атмосферное давление можно привести к нулю. Для этого в меню выбора проверок (рис. 1.11) нажать «Прив. к нулю» (клавиша F3), выбрать «Давление воздуха». В графе «Давление» будет отображаться текущее измеряемое значение, в графу «Опорное давление» вписать требуемое значение.

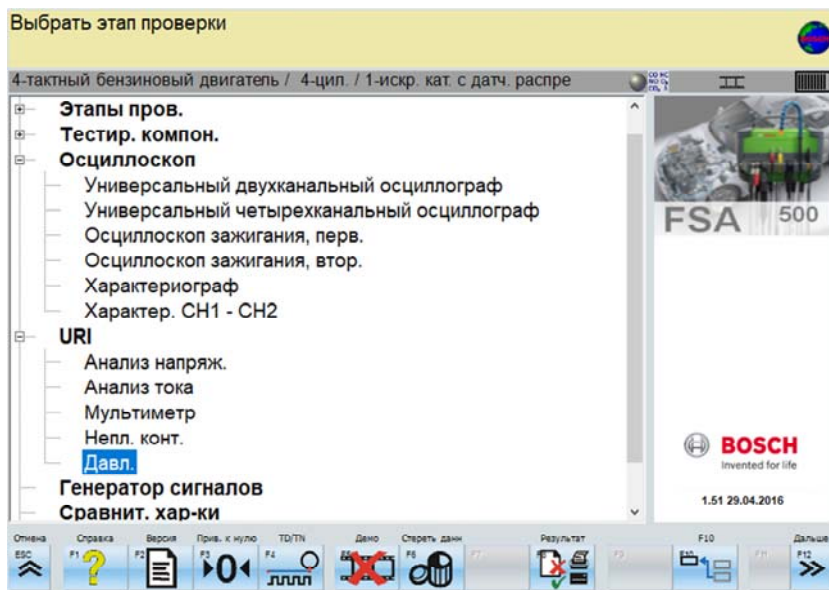


Рис. 1.11. Выбор этапа проверки

Выбрать в меню (рис. 1.11) пункты URI => Давл. и нажать «Далее». Откроется окно измерения (рис. 1.12), в котором будут отображаться текущие значения нескольких величин и график изменения измеряемого давления во времени.



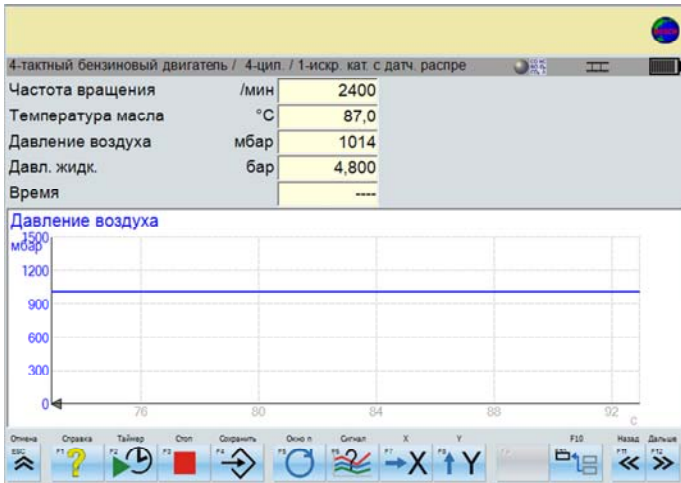


Рис. 1.12. Окно измерения давления воздуха

Проверка давления жидкости производится специальным приспособлением 1 681 032 098, которое не входит в комплект базовых принадлежностей (рис. 1.13).

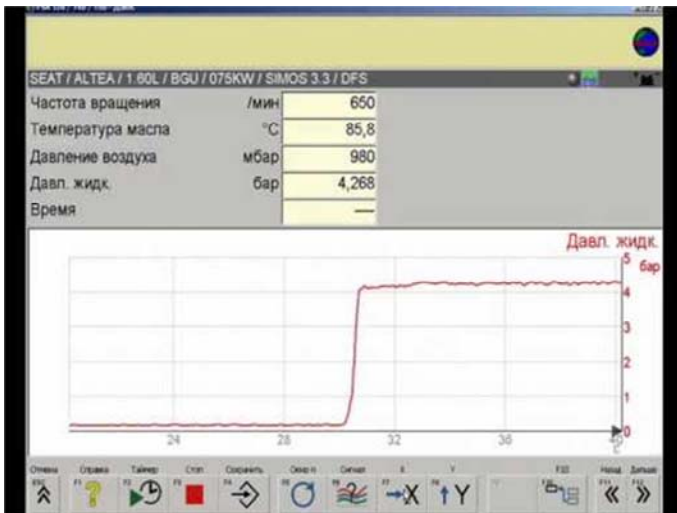


Рис. 1.13. Графическое представление зависимости давления топлива от времени

### 1.3.4. Осциллограф

В мотор-тестере FSA 500 имеется встроенный осциллограф. Его можно использовать в двух- и четырехканальном режиме. В двухканальном режиме частота снятия показаний выше.

Порядок использования прибора в режиме осциллографа:

1. Подсоединить многофункциональный провод к СН1 или СН2 (разъемы 4 и 3 мотор-тестера). В комплекте имеются 2 многофункциональных провода для наблюдения за несколькими датчиками одновременно. На измерительные концы проводов надеть специальные наконечники из комплекта.

2. Запустить окно осциллографа. Для этого в меню выбора проверок выбрать Осциллоскоп => Универсальный двухканальный осциллограф либо Универсальный четырехканальный осциллограф.

3. В окне выбрать в качестве источников сигналов соответствующие каналы, установить масштаб по осям  $X$  (время) и  $Y$  (величина измерения) для наиболее наглядного представления осциллограммы (рис. 1.14 и 1.15).

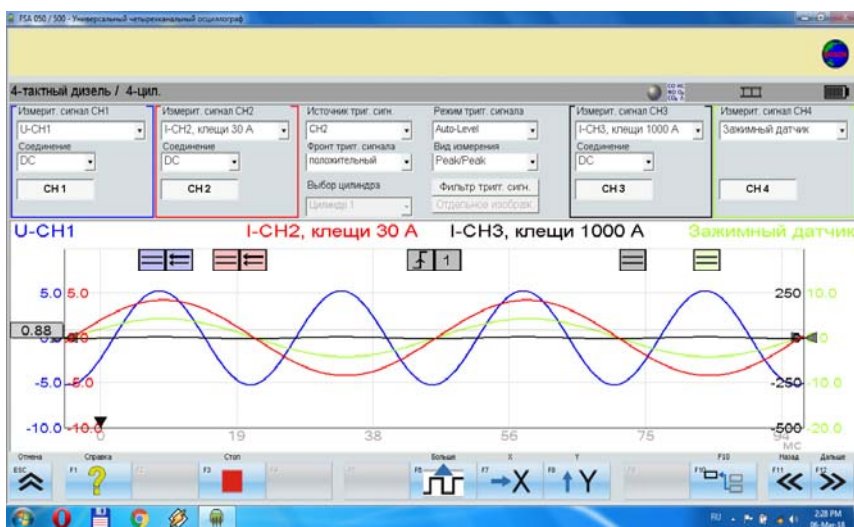


Рис. 1.14. Демонстрация рабочего окна четырехканального осциллографа

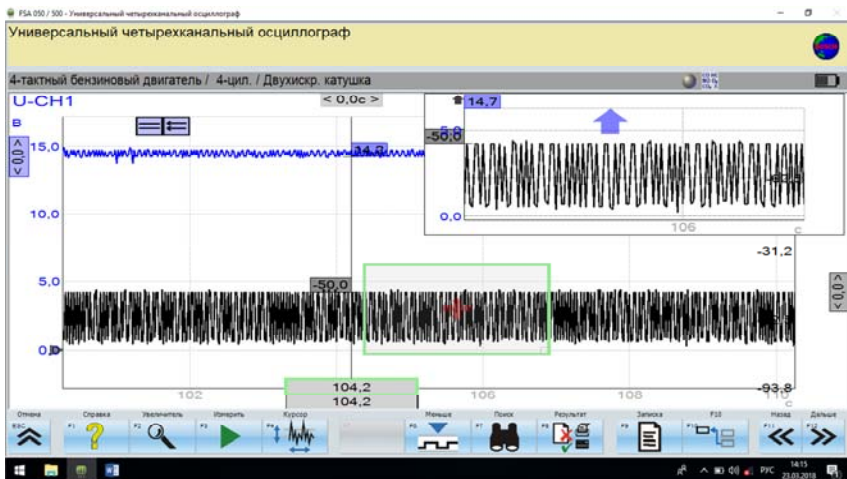


Рис. 1.15. Использование элементов рабочего окна

С помощью осциллографа можно проверять датчики, генераторную установку. Имеется возможность увеличивать интересующий участок графика.

### 1.3.5. Характериограф

Характериограф позволяет снять изменение одной величины в зависимости от другой, причем обе величины могут изменяться в различную сторону, в отличие от осциллографа, где время движется постоянно в сторону увеличения.

Порядок использования прибора в режиме осциллографа:

1. Подсоединить многофункциональный провод к СН1 или СН2 (разъемы 4 и 3 мотор-тестера). Подключение выполняется аналогично предыдущему пункту.

2. Запустить характериограф. Для этого в меню выбора проверок выбрать Осцилоскоп => Характериограф.

3. В окне выбрать в качестве источников сигналов соответствующие каналы, установить масштаб по осям. Пример характериограммы представлен на рис. 1.16.

При помощи характериографа можно наглядно наблюдать за изменением напряжения ГУ в зависимости от частоты вращения колечатого вала двигателя.

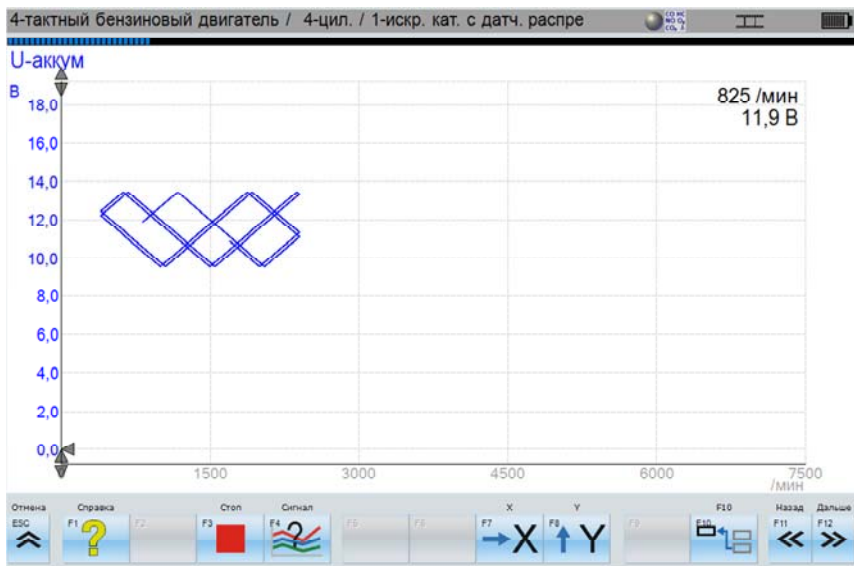


Рис. 1.16. Окно характериографа

### 1.3.6. Проверка состояния АКБ

Мотор-тестер FSA 500 позволяет производить проверку состояния АКБ по току холодной прокрутки при пуске двигателя.

1. Подключить провод В+/В- к выходу 1 (рис. 1.2) мотор-тестера и соответствующим клеммам АКБ. Первым подключается зажим черного цвета к клемме (-) АКБ.

2. Подсоединить токовые клещи 1000 А к СН2 (разъем 4) мотор-тестера. Установить их на один из силовых проводов, отходящих от АКБ, при этом необходимо учитывать полярность. Стрелка со знаком «+» должна быть направлена к плюсовой клемме АКБ. Проследить, чтобы клещи были плотно сомкнуты и установлены в цепи до генератора.

3. В окне выбора типа испытаний выбрать Этапы пров. => Аккумуляторная батарея => Ток стартера. Откроется окно проведения испытаний. Ввести в окно информацию о токе холодной прокрутки и стандарте, по которому он был определен (см. информационную наклейку на АКБ).

4. Нажать кнопку начала измерений. Запустить выполнение испытания кнопкой F6 или с помощью дистанционного пульта, начать пуск двигателя, произвести прокрутку стартером до запуска двигателя.

5. Заглушить двигатель. Нажать остановку измерений. Программа произведет необходимые расчеты самостоятельно на основе измеренного внутреннего сопротивления АКБ. Программа подсветит окно результата зеленым, желтым или красным цветом, в зависимости от состояния АКБ (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Окно результатов проверки АКБ

### 1.3.7. Проверка системы зажигания

Для проверки системы зажигания может быть использован датчик вторичных цепей зажигания (рис. 1.3).

1. Подключить датчик к разъему 2 (рис. 1.2) мотор-тестера.

2. В меню выбора проверок выбрать Осциллоскоп => Осциллоскоп зажигания втор.

3. Запустить двигатель, поднести измерительный конец датчика к высоковольтному проводу или верхней части катушки зажигания (для систем с индивидуальными катушками) (рис. 1.18).

Осциллограмма проверки системы зажигания приведена на рис. 1.19.

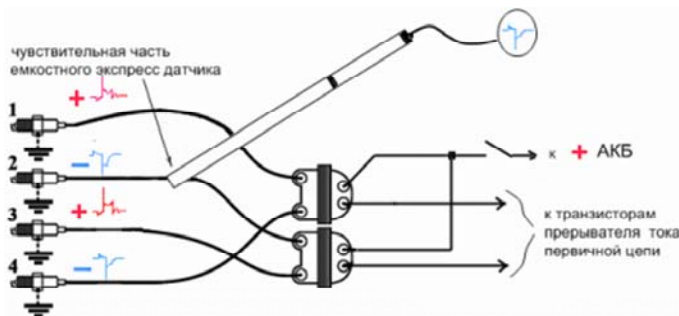


Рис. 1.18. Схема проверки системы зажигания

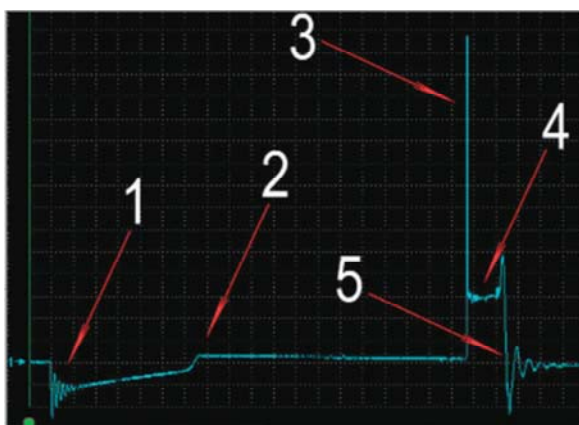


Рис. 1.19. Осциллограмма высокого напряжения системы зажигания

Осциллограмма имеет следующие участки:

1. Начало накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания (момент открытия силового транзистора коммутатора системы зажигания).

2. Момент перехода коммутатора системы зажигания в режим удержания энергии в магнитном поле (по достижении тока в первичной обмотке катушки зажигания, равного около 8 А, коммутатор переходит в режим стабилизации тока на этом уровне).

3. Пробой искрового промежутка и начало горения искры (момент закрытия силового транзистора коммутатора).

4. Участок горения искры.

5. Конец горения искры и начало затухающих колебаний.

Осциллограф первичного зажигания приводит отраженные и растровые изображения процессов, происходящих в первичной цепи (от 20 до 500 В).

Осциллограф вторичной цепи зажигания. Сторона осциллографа данного типа приводит отраженные и растровые изображения процессов, происходящих с вторичной стороны (от 5 до 50 кВ).

### 1.3.8. Проверка шины передачи данных CAN

Мотор-тестер FSA 500 позволяет производить проверку сигналов шины CAN на величину и адекватность.

1. Подключить многофункциональные провода (рис. 1.4) к CH1 и CH2 (разъемы 4 и 3 мотор-тестера, рис. 1.2).

2. Выбрать наиболее удобные щупы из набора и подключиться к проводам шины CAN. Благодаря наличию двух комплектов многофункциональных проводов одновременно можно наблюдать за высоко- и низкоскоростной шинами.

3. Выбрать в окне выбора этапа проверок Тестир. компон. => Общее электрооборудование => Провод передачи данных CAN.

4. Включить зажигание и произвести наблюдение за сигналом при обмене блоками управления данными по шине (рис. 1.20).

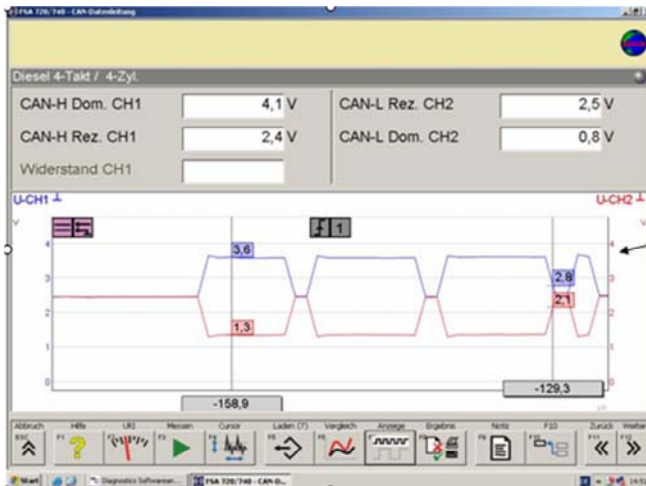


Рис. 1.20. Окно проверки шины CAN

### 1.3.9. Генерация сигнала

Для проверки реакции ЭБУ на различные сигналы датчиков, при отсутствии возможности получить от датчика требуемый сигнал или сложности получения данного сигнала, может использоваться встроенный генератор сигналов.

1. Подключить многофункциональные провода (рис. 1.4) к CH1 и CH2 (разъемы 4 и 3 мотор-тестера рис. 1.2), либо трехканальный провод для генератора сигналов (рис. 1.3).

2. Используя оптимальный тип контактов либо же разъемы из перечня дополнительного оборудования, подключиться вместо датчика к его разъему, соединенному коммутационной аппаратурой с ЭБУ.

3. В меню выбора этапа проверки выбрать «Генератор сигналов». Откроется окно генератора сигналов (рис. 1.21), установить тип сигнала и его параметры (амплитуду, частоту, скважность).

4. Произвести наблюдение за реакцией блока управления с помощью диагностического сканера.



Рис. 1.21. Примеры синусоидальных генерируемых сигналов



### 1.3.10. Образцы сигналов

В мотор-тестерах Bosch FSA серии 7XX и опционально Bosch FSA 500 доступны примеры сигналов для различных компонентов. Для отображения типового сигнала необходимо зайти в справку, для выбранного типа проверки в меню автоматически будет выведена подсказка для отображения (рис. 1.22).

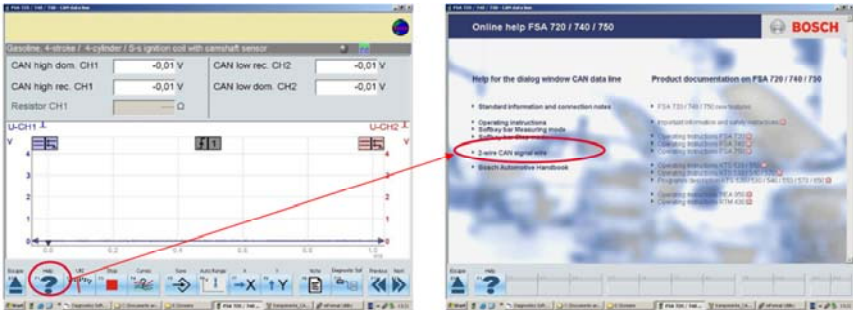


Рис. 1.22. Выбор пункта

На рис. 1.23 и 1.24 изображены сигналы из программного обеспечения для автомобилей.

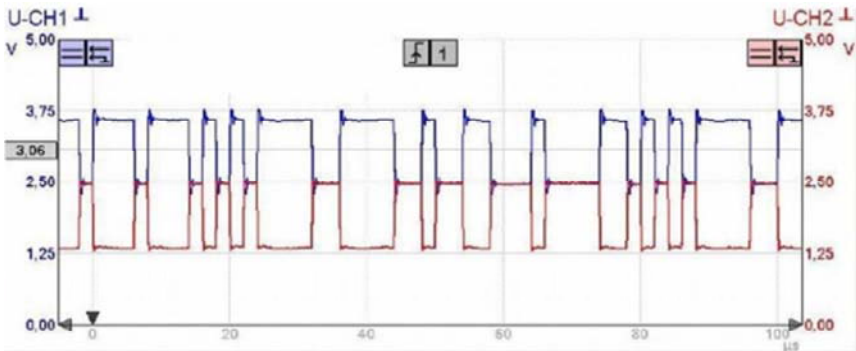


Рис. 1.23. Пример сигнала для шины CAN

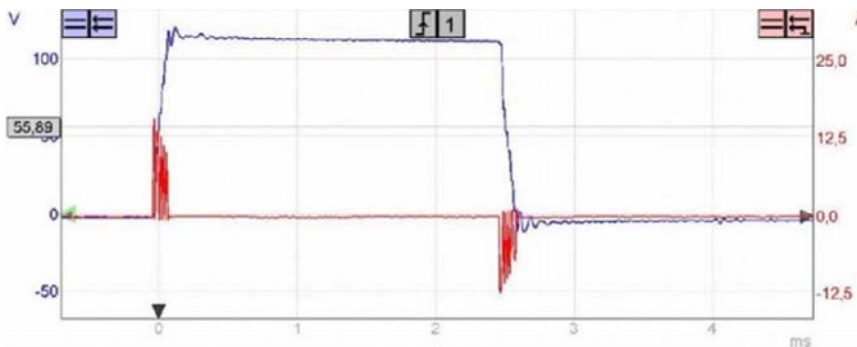


Рис. 1.24. Пример сигнала форсунки с пьезоэлементом

### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен мотор-тестер?
2. Какие функции может выполнять мотор-тестер?
3. В чем основное отличие диагностического сканера от мотор-тестера?
4. Каким образом выполняется подключение мотор-тестера к компьютеру?
5. Что отображают светодиодные индикаторы на корпусе мотор-тестера?
6. Каков порядок использования мотор-тестера в режиме измерения температуры и давления?
7. Какими возможностями обладает встроенный осциллограф мотор-тестера?
8. Назовите основные элементы окна осциллографа.
9. Какими специальными приспособлениями располагает мотор-тестер для диагностирования датчиков?
10. Каковы на Ваш взгляд преимущества и недостатки мотор-тестера Bosch FSA 500?

## Лабораторная работа № 2

### ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ С БЕНЗИНОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ МОТОР-ТЕСТЕРОМ FSA 500

**Цель работы:** изучить назначение, технические характеристики, состав оборудования и принадлежностей мотор-тестера FSA 500. Практически отработать порядок подключения мотор-тестера FSA 500 к автомобилю.

**Оборудование и инструменты:** мотор-тестер FSA 500 с датчиками и принадлежностями, компьютер с программным обеспечением, автомобиль ВАЗ 2114.

#### 2.1. Общие сведения

В лабораторной работе рассматривается автомобиль ВАЗ 2114, оснащенный электронной системой управления двигателем (ЭСУД), с системой распределенного впрыска топлива – для каждого цилиндра топливо впрыскивается отдельной форсункой. Система распределенного впрыска топлива, по сравнению с карбюраторными и моновпрысковыми системами питания, позволяет снизить токсичность отработавших газов при улучшении ходовых качеств автомобиля. Учебный автомобиль (рис. 2.1) обладает основным перечнем датчиков и исполнительных механизмов, применяемых на современных бензиновых автомобилях, и в тоже время является довольно простым в устройстве, в нем обеспечивается легкий доступ к элементам, которые могут отказывать и проверка которых производится в лабораторной работе.

Существуют два типа систем распределенного впрыска – с обратной связью и без нее. В системе впрыска без обратной связи не устанавливают нейтрализатор и датчик концентрации кислорода, а для регулировки концентрации СО в отработавших газах служит СО-потенциометр. В этой системе не применяют и систему улавливания паров бензина.

На автомобилях семейства LADA SAMARA-2 могут быть установлены следующие ЭСУД, обеспечивающие выполнение норм токсичности:

1. ЭСУД-2111, обеспечивающая выполнение норм токсичности России, с контроллерами М1.5.4 и, с недавнего времени, «Январь-5.1.1» (эти контроллеры взаимозаменяемы, хотя имеют небольшие отличия в диагностике). Последняя отличается отсутствием адсорбера паров топлива в моторном отсеке и круглой формой датчика массового расхода воздуха (фирмы Bosch).

2. ЭСУД-2111, обеспечивающая выполнение норм токсичности EURO II, с контроллером MP7.0HFM.

3. ЭСУД-2111, обеспечивающая выполнение норм токсичности EURO II, с контроллерами М1.5.4N и «Январь-5.1». Систему, предназначенную для комплектации автомобилей внутреннего рынка России, постоянно модернизируют: для последних версий программного обеспечения введена диагностика выходных цепей.

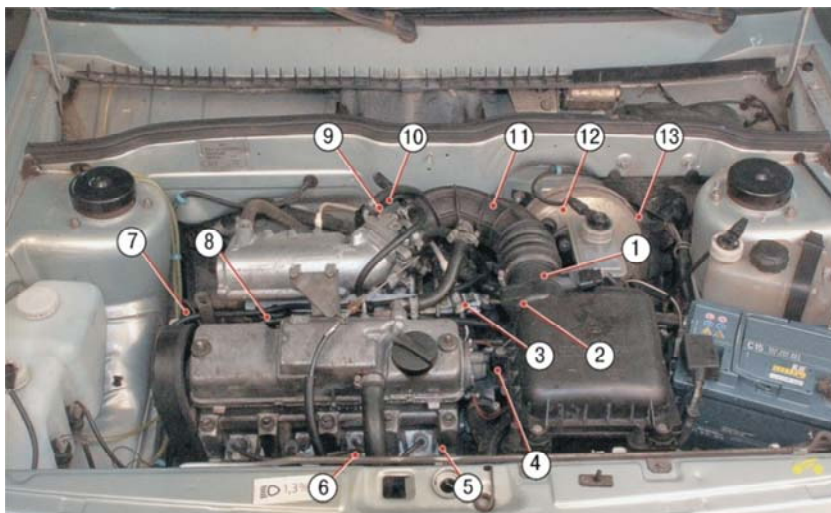


Рис. 2.1. Подкапотное пространство автомобиля ВАЗ 2114

Элементы, представленные на рис. 2.1, расположены следующим образом: 1 – датчик массового расхода воздуха (ДМРВ); 2 – датчик скорости (на фото не виден, расположен на коробке передач); 3 – регулятор давления топлива; 4 – датчик температуры охлаждающей жидкости (на фото не виден, расположен на выпускном патрубке системы охлаждения); 5 – модуль зажигания (на фото не виден, расположен ниже и закреплен при помощи кронштейна к блоку);

6 – датчик детонации (на фото не виден, расположен на блоке ниже между вторым и третьим цилиндрами); 7 – датчик положения коленчатого вала (на фото не виден, расположен в приливе крышки масляного насоса); 8 – топливная рампа с форсунками; 9 – датчик положения дроссельной заслонки; 10 – регулятор холостого хода (на фото не виден, расположен на дроссельном узле); 11 – контроллер (на фото не виден, расположен в салоне автомобиля под щитком панели приборов на кронштейне); 12 – предохранители и реле системы управления двигателем (на фото не видны, расположены в салоне автомобиля под щитком панели приборов с правой стороны); 13 – диагностический разъем (на фото не виден, расположен в салоне автомобиля на щитке панели приборов под пепельницей)

Датчики электронной схемы системы управления двигателем представлены на рис. 2.2.

В ЭБУ двигателя поступает следующая информация (цифрами обозначены соответствующие датчики):

- положение и частота вращения коленчатого вала, ДПКВ 21;
- массовый расход воздуха двигателем, ДМРВ 18;
- температура охлаждающей жидкости, ДТОЖ 17;
- положение дроссельной заслонки, ДПДЗ 16;
- концентрация кислорода в отработавших газах (в системе с обратной связью), ДК 20;
- наличие детонации в двигателе, ДД 22;
- напряжение в бортовой сети автомобиля, встроенный вольтметр ЭБУ;
- скорость автомобиля, ДС 14;
- положение распределительного вала (в системе с последовательным распределенным впрыском топлива);
- запрос на включение кондиционера (если он установлен на автомобиле).

На основе полученной информации ЭБУ осуществляет управление следующими исполнительными элементами:

- топливоподачей (форсунками 8 и электробензонасосом 9);
- системой зажигания (катушка 6 и свечи 7);
- регулятором холостого хода 15;
- адсорбером системы улавливания паров бензина 23 (если эта система установлена на автомобиль);
- вентилятором системы охлаждения двигателя 33;

- муфтой компрессора кондиционера (если он установлен на автомобиле);
- системой диагностики.

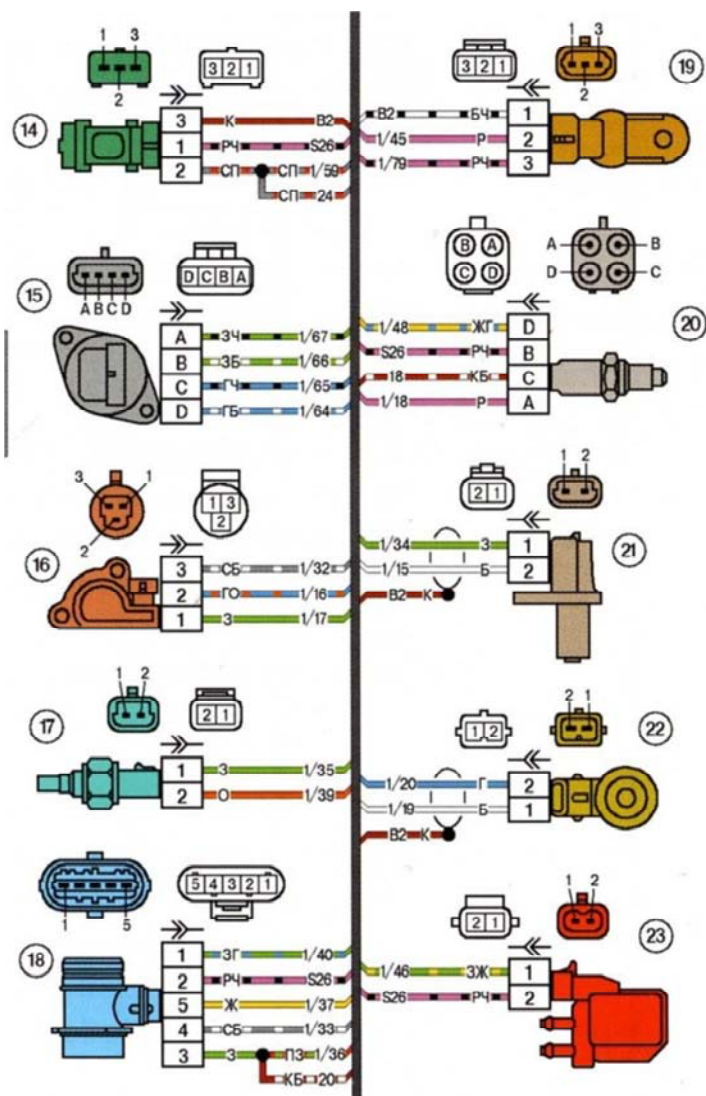


Рис 2.2. Основные датчики электронной системы управления двигателем

Для качественного диагностирования датчиков и исполнительных элементов ЭСУД целесообразно применять мотор-тестер в сочетании с мультиметром и диагностическим сканером.

Рассмотрим отдельные элементы и способы их проверки.

*Проверка датчика температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ).*

Датчик представляет собой термистор (резистор, сопротивление которого изменяется от температуры). Датчик ввернут в выпускной патрубок охлаждающей жидкости на головке блока цилиндров. При низкой температуре сопротивление датчика высокое (при  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 100 кОм), при высокой температуре – низкое (при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 177 Ом).

Температуру охлаждающей жидкости контроллер рассчитывает по падению напряжения на датчике. Падение напряжения высокое на холодном двигателе и низкое – на прогревом.

При помощи мотор-тестера целесообразно использовать штатный датчик температуры. Прислонив его наконечник к проверяемому ДТОЖ и сравнивая показания температурного датчика мотор-теста и информацию из ЭБУ, считываемую сканером, делается заключение об исправности датчика.

*Проверка датчика детонации.* Датчик прикреплен к верхней части блока цилиндров. Он улавливает аномальные вибрации (детонационные удары) в двигателе.

Чувствительным элементом датчика является пьезокристаллическая пластинка. При детонации на выходе датчика генерируются импульсы напряжения, которые увеличиваются с возрастанием интенсивности детонационных ударов. Контроллер по сигналу датчика регулирует опережение зажигания для устранения детонационных вспышек топлива.

Подключив измерительные щупы мотор-тестера к разъему датчика со стороны разъема проводки, можно проводить его диагностирование без отсоединения ЭБУ от датчика. Запустив двигатель, можно синхронно наблюдать за показаниями осциллографа, мотор-тестера и показаниями диагностического сканера. Для проверки срабатывания датчика, в связи с отсутствующей детонацией на нормально работающем двигателе, можно применять динамическое воздействие на датчик (постукивание).

*Проверка датчика массового расхода воздуха.* В нем находятся температурные датчики и нагревательный резистор. Проходящий воздух охлаждает один из датчиков, а электронная схема датчика преобразует эту разность температур в выходной сигнал для электронного блока управления.

В разных вариантах систем впрыска топлива возможно применение датчиков массового расхода воздуха двух типов. Они различаются по устройству и характеру выдаваемого сигнала, который может быть частотным или аналоговым. В первом случае в зависимости от расхода воздуха меняется частота сигнала, во втором случае – напряжение. ЭБУ использует информацию от датчика массового расхода воздуха для определения длительности импульса открытия форсунок.

И тот, и другой датчики можно продиагностировать с использованием мотор-тестера.

*Проверка датчика скорости автомобиля.* Датчик установлен на коробке передач. Принцип действия датчика основан на эффекте Холла. Датчик выдает на контроллер прямоугольные импульсы напряжения, частота которых пропорциональна скорости вращения ведущих колес.

Диагностирование адекватности выходного сигнала производится встроенным осциллографом. В данном случае для калибровки и сопоставления данных с реальными можно использовать любое оборудование с GPS-модулем (например, мобильный телефон).

*Проверка датчика положения дроссельной заслонки.* Датчик установлен сбоку на дроссельном узле и связан с осью дроссельной заслонки. Датчик представляет собой потенциометр, на один конец которого подается «плюс» напряжения питания (5В), другой его конец соединен с «массой». С третьего вывода потенциометра (от ползунка) идет выходной сигнал к контроллеру. Когда дроссельная заслонка поворачивается (от воздействия на педаль управления), изменяется напряжение на выходе датчика. При закрытой дроссельной заслонке оно около 0,5 В. Когда заслонка открывается, напряжение на выходе датчика растет, и при полностью открытой заслонке должно быть около 4,5 В. Отслеживая выходное напряжение датчика, контроллер корректирует подачу топлива в зависимости от угла открытия дроссельной заслонки (т. е. по желанию водителя). Датчик положения дроссельной заслонки не требует какой-



либо регулировки, так как контроллер воспринимает холостой ход (т. е. полное закрытие дроссельной заслонки) как нулевую отметку.

Проверку работоспособности представляется возможным выполнить обычным мультиметром. Однако мотор-тестер позволяет наблюдать за изменением напряжения на выводах датчика в динамике на протяжении всего хода педели и открытия дроссельной заслонки.

*Проверка регулятора холостого хода.* РХХ регулирует частоту вращения коленчатого вала в режиме холостого хода, управляя количеством подаваемого воздуха в обход закрытой дроссельной заслонки. Он состоит из двухполюсного шагового электродвигателя и соединенного с ним конусного клапана. Клапан выдвигается или убирается по сигналам контроллера. Полностью выдвинутая игла регулятора (что соответствует 0 шагов) перекрывает поток воздуха. Когда игла вдвигается, обеспечивается расход воздуха, пропорциональный количеству шагов отхода иглы от седла.

Проверку РХХ можно провести, подавая на него питание.

Проверку датчиков удобно выполнять на учебном стенде «Система управления бензинового двигателя», представленном на рис. 2.3. Стенд представляет собой систему управления двигателем ВАЗ 21124, объемом 1,5 л. Подключение к датчикам может выполняться через специально предусмотренные выводные гнезда.



Рис. 2.3. Стенд «Система управления бензинового двигателя»

## 2.2. Выполнение работы

### 2.2.1. Проверка относительной компрессии бензинового двигателя

1. Для измерения относительной компрессии необходимо воспрепятствовать пуску двигателя. На бензиновом двигателе сделать это можно следующим образом: отсоединить разъем катушки зажигания.

2. Подключить провод В+/В- к соответствующим клеммам АКБ. Первым подключается зажим черного цвета к клемме (-) АКБ.

3. Подсоединить токовые клещи 1000 А к СН2 мотортестера. Установить их на один из силовых проводов, отходящий от АКБ, при этом необходимо учитывать полярность. Стрелка со знаком «+» должна быть направлена к плюсовой клемме АКБ. Проследить, чтобы клещи были плотно сомкнуты и установлены в цепи до генератора.

4. В окне выбора типа испытаний выбрать Этапы пров. => Аккумуля. батарея => Стартер => Сжатие. Откроется окно проведения испытаний.

5. Запустить выполнение испытания кнопкой F6 или с помощью дистанционного пульта, начать пуск двигателя, прекратить пуск через 4–5 с.

6. На экран будут выведены относительная компрессия и график зависимости потребляемого стартером тока от угла поворота коленчатого вала (рис. 2.4).

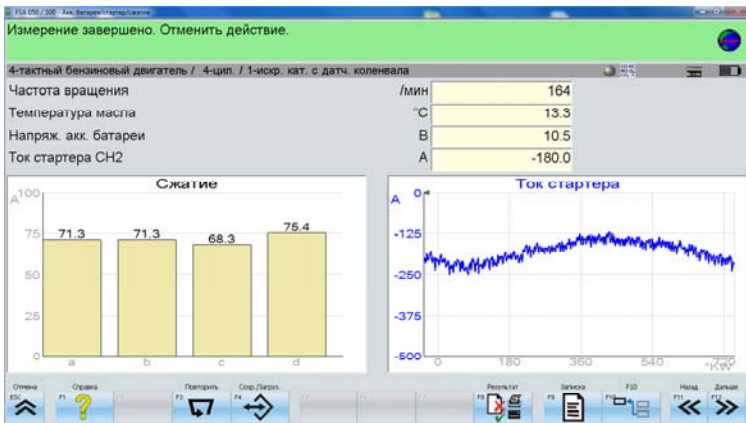


Рис. 2.4. Окно результатов измерения относительной компрессии

## 2.2.2. Проверка системы зажигания

1. Подключить провод В+/В- к соответствующим клеммам АКБ. Первым подключается зажим черного цвета к клемме (-) АКБ.

2. Для измерения параметров зажигания использовать универсальный измерительный зонд. При необходимости зонд можно изгибать для обеспечения контакта наконечника щупа и катушки зажигания. Подключить зонд к каналу мотор-тестера и установить его на тестируемую катушку или провод высокого напряжения.

3. В меню мотор-тестера выбрать Тестир. компонент => Зажигание => Катушка зажигания. С помощью F4 выбрать источник сигнала U-втор. Запустить измерение F3. Запустить двигатель автомобиля.

4. После начала отображения данных, передаваемых зондом, остановить измерение клавишей F3. Изучить осциллограмму напряжения во вторичной цепи (рис. 2.5).

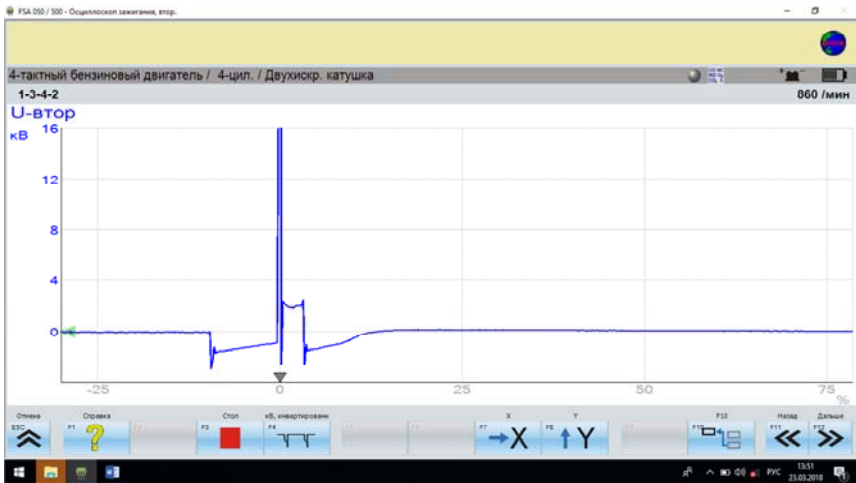


Рис. 2.5. Результаты проверки системы зажигания

Пример осциллограммы при правильной работе системы зажигания представлен на рис. 1.18.

### *2.2.3. Проверка состояния АКБ*

1. Подключить провод В+/В- к выходу 1 (рис. 1.2) мотор-тестера и соответствующим клеммам АКБ. Первым подключается зажим черного цвета к клемме (-) АКБ.

2. Подсоединить токовые клещи 1000 А к СН2 (разъем 4) мотор-тестера. Установить их на один из силовых проводов, отходящих от АКБ, при этом необходимо учитывать полярность. Стрелка со знаком «+» должна быть направлена к плюсовой клемме АКБ. Проследить, чтобы клещи были плотно сомкнуты и установлены в цепи до генератора.

3. В окне выбора типа испытаний выбрать Этапы пров. => Аккумулятор => Ток стартера. Откроется окно проведения испытаний. Ввести в окно информацию о токе холодной прокрутки и стандарте, по которому он был определен (см. информационную наклейку на АКБ).

4. Нажать кнопку начала измерений. Запустить выполнение испытания кнопкой F6 или с помощью дистанционного пульта, начать пуск двигателя, произвести прокрутку стартером до запуска двигателя.

5. Заглушить двигатель. Нажать остановку измерений. Программа произведет необходимые расчеты самостоятельно на основе измеренного внутреннего сопротивления АКБ. Программа подсветит окно результата зеленым, желтым или красным цветом, в зависимости от состояния АКБ.

### *2.2.4. Проверка разрядки во впускном коллекторе*

Для проверки разрядки необходимо подключить шланг из набора принадлежностей ко входу 5 мотор-тестера, другой конец шланга подключается непосредственно к точке измерения давления.

Для удобства наблюдения за относительной величиной изменения давления, атмосферное давление можно привести к нулю. Для этого в меню выбора проверок нажать «Прив. к нулю» (клавиша F3), выбрать «Давление воздуха». В графе «Давление» будет отображаться текущее измеряемое значение, в графу «Опорное давление» вписать требуемое значение.

Откроется окно измерения (рис. 2.6), в котором будут отображаться текущие значения нескольких величин и график изменения измеряемого давления во времени.

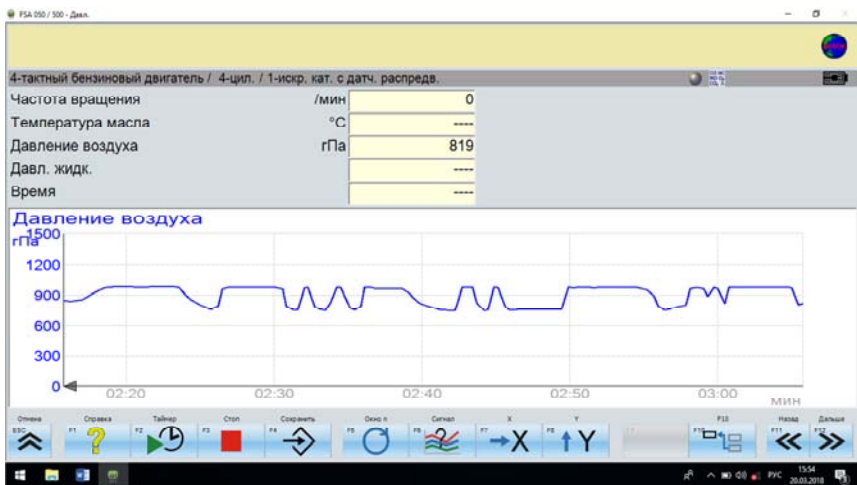


Рис. 2.6. Осциллограмма изменения давления воздуха на впуске

### 2.2.5. Проверка сигналов датчиков осциллографом

1. Подсоединить многофункциональный провод к СН1 или СН2 (разъемы 4 и 3 мотор-тестера соответственно). В комплекте имеются 2 многофункциональных провода для наблюдения за несколькими датчиками одновременно. На измерительные концы проводов надеть специальные наконечники из комплекта.

2. Запустить окно осциллографа. Для этого в меню выбора проверок выбрать Осциллоскоп => Универсальный двухканальный осциллограф либо Универсальный четырехканальный осциллограф.

3. В окне выбрать в качестве источников сигналов соответствующие каналы, установить масштаб по осям X (время) и Y (величина измерения) для наиболее наглядного представления осциллограммы. На рис. 2.7, 2.8 и 2.9 соответственно представлены осциллограммы сигналов датчика скорости, положения коленчатого вала и датчика фаз распределительного вала.

Подключение к ДПКВ выполняем без снятия датчика, с использованием длинных иглообразных щупов, вставляя их в разъем со стороны датчика.

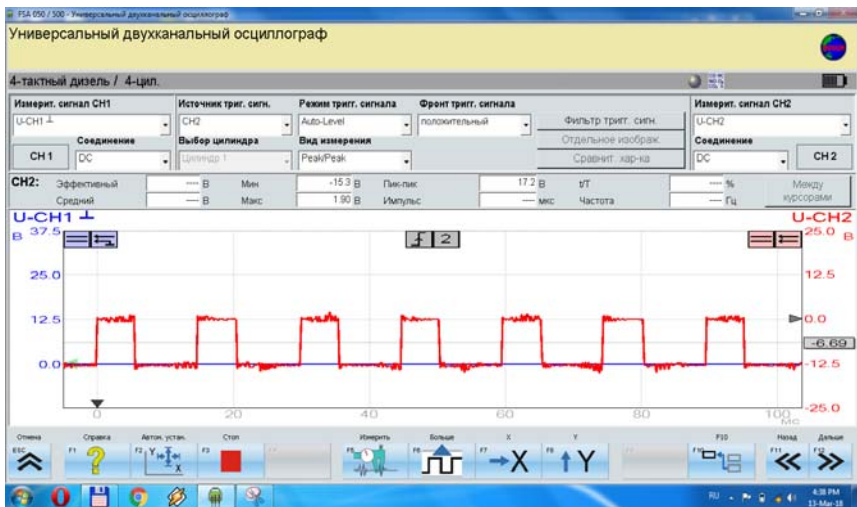


Рис. 2.7. Осциллограмма сигнала с датчика скорости при скорости 60 км/ч

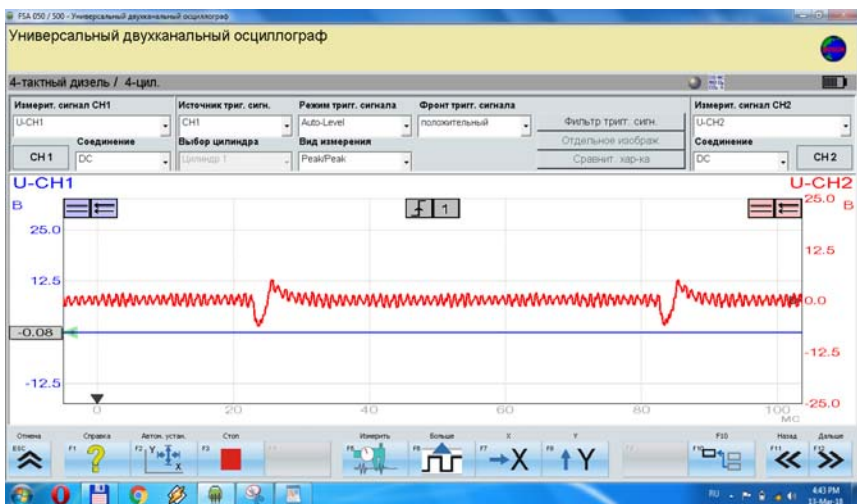


Рис. 2.8. Осциллограмма сигнала ДПКВ

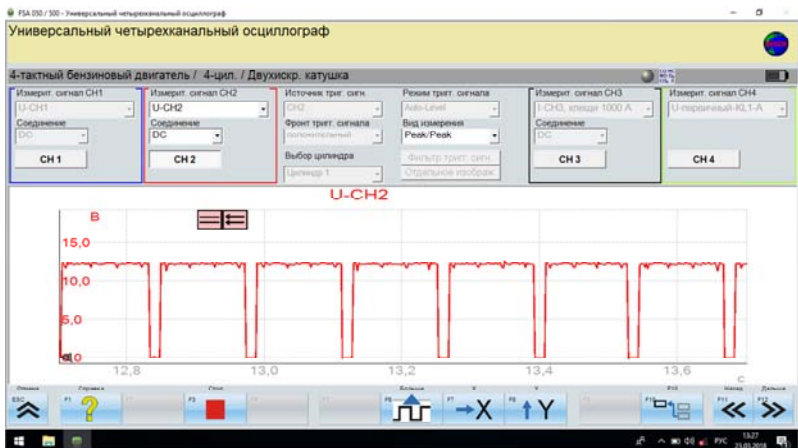


Рис. 2.9. Осциллограмма сигнала датчика фаз

### 2.2.6. Проверка генераторной установки осциллографом

Ход проверки осуществляется аналогично предыдущему пункту. Контакты CH1 подключаются к корпусу генератора и к выводному болту, отрицательный и положительный соответственно.

Осциллограмма напряжения и тока при работающем двигателе приведена на рис. 2.10.

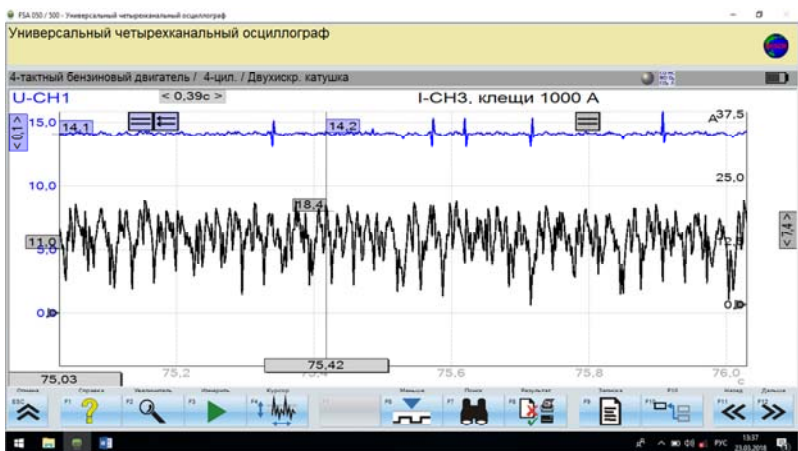


Рис. 2.10. Осциллограмма напряжения и тока при работающем двигателе

### 2.2.7. Проверка генераторной установки характериографом

1. Подсоединить многофункциональный провод к СН1 или СН2 (разъемы 4 и 3 мотор-тестера соответственно). Подключение выполняется аналогично предыдущему пункту.

2. Запустить характериограф. Для этого в меню выбора проверок выбрать Осциллоскоп => Характериограф.

3. В окне выбрать в качестве источников сигналов соответствующие каналы, установить масштаб по осям. На рис. 2.11 представлена характериограмма напряжения за время пуска, работы двигателя на частоте холостого хода и повышенной частоте вращения.

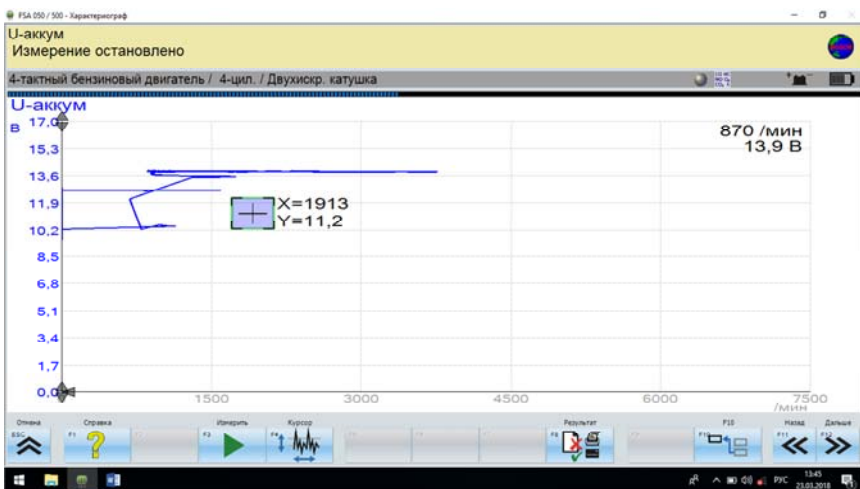


Рис. 2.11. Характериограмма напряжения ГУ



## Лабораторная работа № 3

### ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ С ДИЗЕЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ МОТОР-ТЕСТЕРОМ FSA 500

**Цель работы:** изучить назначение, технические характеристики, состав оборудования и принадлежностей мотор-тестера FSA 500. Практически отработать порядок подключения мотор-тестера FSA 500 к автомобилю.

**Оборудование и инструменты:** мотор-тестер FSA 500, легковой автомобиль с дизельным двигателем (VW Passat B5).

#### 3.1. Общие положения

На рис. 3.1 отображена блок-схема электронной системы управления двигателем (ЭСУД).

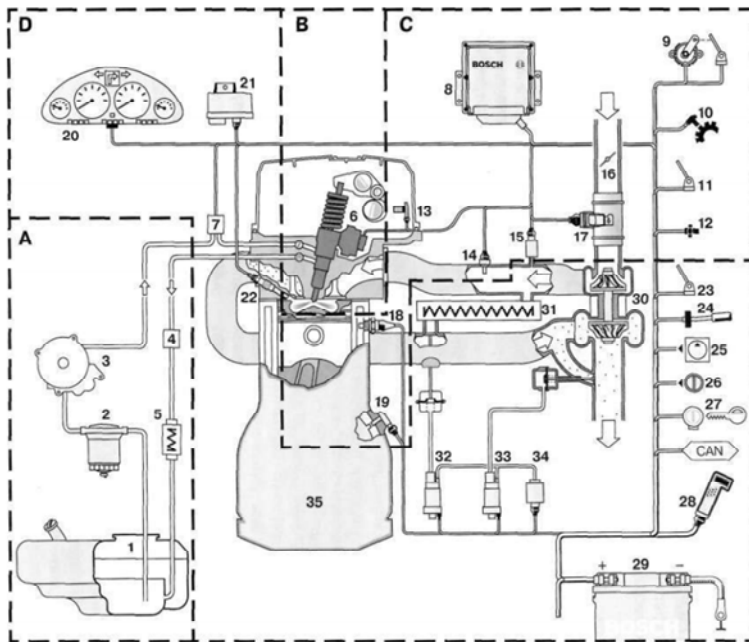


Рис. 3.1. Схема ЭСУД автомобиля VW Passat B5 с двигателем 1,9 TDI

Блоки на схеме (обозначены буквами) и компоненты блоков (цифры) обозначают следующие элементы:

**А. Система подачи топлива (ступень низкого давления):**

- 1 – топливный бак;
- 2 – фильтр тонкой очистки топлива;
- 3 – топливоподкачивающий насос с обратным клапаном;
- 4 – ограничитель давления;
- 5 – охладитель топлива.

**В. Ступень высокого давления:**

- 6 – насос-форсунка.

**С. Система электронного управления дизеля:**

- 7 – датчик температуры топлива;
- 8 – ЭБУ;
- 9 – датчик положения педали акселератора;
- 10 – датчик скорости автомобиля;
- 11 – контакты стоп-сигнала;
- 12 – датчик температуры воздуха;
- 13 – датчик частоты вращения распределительного вала;
- 14 – датчик температуры воздуха на впуске;
- 15 – датчик давления наддува;
- 16 – дроссельная заслонка;
- 17 – термоанемометрический датчик расхода воздуха;
- 18 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
- 19 – индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала.

**Д. Периферийное оборудование:**

- 20 – панель приборов с дисплеем расхода топлива; частоты вращения и др.;
- 21 – блок управления свечами накаливания;
- 22 – свеча накаливания с закрытым нагревательным элементом;
- 23 – концевой выключатель (на педали сцепления);
- 24 – переключатель системы круиз-контроля;
- 25 – компрессор кондиционера;
- 26 – блок управления компрессором кондиционера;
- 27 – выключатель стартера и свечей накаливания (замок «зажигания»);
- 28 – диагностический тестер;
- 29 – аккумуляторная батарея;
- 30 – турбокомпрессор;

- 31 – охладитель в системе рециркуляции ОГ;
- 32 – исполнительное устройство клапана рециркуляции ОГ;
- 33 – исполнительное устройство клапана регулирования давления наддува (клапана перепуска ОГ);
- 34 – вакуумный насос;
- 35 – двигатель. CAN Контроллер с шиной передачи данных.

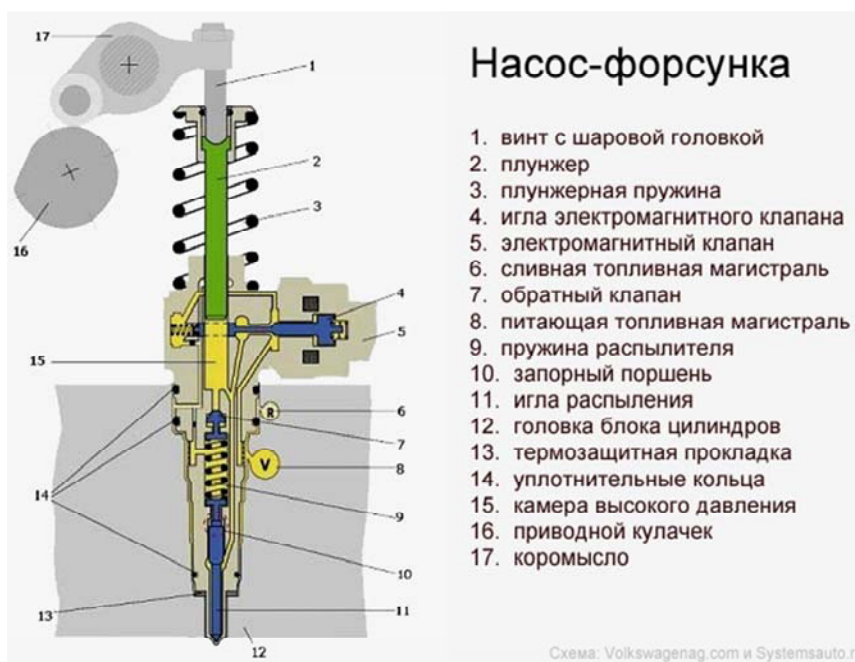


Рис. 3.2. Устройство насос-форсунки

Основной информацией для работы ЭБУ является:

- частота вращения коленчатого вала;
- частота вращения и положение распределительного вала;
- положение педали акселератора;
- давление наддува;
- температура воздуха на впуске;
- температура охлаждающей жидкости двигателя;
- температура топлива;
- массовый расход воздуха;

- скорость автомобиля;
- данные блока круиз-контроля, системы кондиционирования, систем активной безопасности;
- состояние коробки передач.

На основе полученной информации ЭБУ осуществляет управление следующими исполнительными элементами:

- насос-форсунки;
- свечи накаливания;
- выключатель кондиционера;
- привод клапана системы рециркуляции ОГ;
- привод регулятора давления наддува;
- дополнительные элементы системы питания малой мощности;
- системой диагностики и обмена данными.

Рассмотрим отдельные элементы ЭСУД и способы их проверки.

#### *Датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя*

Этот датчик устанавливается в контуре системы охлаждения двигателя и измеряет температуру охлаждающей жидкости, играя роль индикатора теплового состояния двигателя. Информация датчика позволяет системе управления адаптироваться к температуре двигателя. Диапазон измеряемых температур датчиком составляет  $-40 - +130$  °С.

#### *Датчик температуры воздуха*

Этот датчик устанавливается во впускном тракте двигателя и измеряет температуру воздуха на впуске. В координации с датчиком давления наддува датчик температуры воздуха может быть использован для точного измерения массового расхода воздуха, поступающего в двигатель. Кроме того, установочное значение для контура обратной связи (например, в системе рециркуляции ОГ, регулировании давления наддува) может быть адаптировано как функция температуры. Диапазон измеряемых температур датчиком находится в пределах от  $-40$  до  $+120$  °С.

#### *Датчики положения педали акселератора*

В современных системах электронного управления двигателями желая водителя (например, для ускорения или поддержания постоянной скорости движения) не передаются системе управления двигателя тросом Боудена или другой механической передачей. Вместо этого датчик положения педали акселератора (также называется датчиком хода педали PWG) регистрирует данное положение педали и передает эту информацию в ЭБУ.

Устройство педали показано на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Датчик положения педали акселератора

Основой датчика положения педали акселератора является потенциометр, напряжение на концах которого является функцией положения педали. Расчет положения педали в ЭБУ осуществляется благодаря использованию запрограммированной в ЭБУ характеристике.

Второй (резервный) датчик используется в диагностических целях и, в случае необходимости, для выполнения некоторых равнозначных функций.

Существуют два варианта датчиков:

– выключатель минимальной частоты вращения холостого хода и включения пониженной передачи при разгоне (kick-down).

Даже при очень малых перемещениях педали акселератора выключатель минимальной частоты вращения холостого хода изменяет свое рабочее состояние от «сигнала минимальной частоты вращения холостого хода» до «сигнала полной нагрузки». В случае автомобилей с автоматической коробкой переключения передач используется второй выключатель, который может выдавать сигнал «kick-down»;

– второй потенциометр на всех рабочих режимах используется, чтобы обеспечить половину напряжения первого потенциометра («Сдвоенный фактор потенциометра 2») (рис. 3.4). Датчики педали акселератора устанавливаются или индивидуально, или как полный

модуль, где никаких регулировок между установкой педали акселератора и датчиком не требуется.

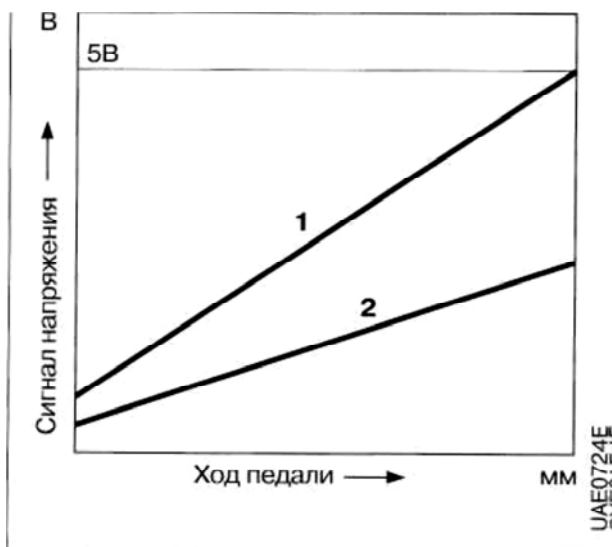


Рис. 3.4. Характеристика датчика положения педали акселератора с дополнительным потенциометром:  
1 – потенциометр 1 (главный потенциометр);  
2 – потенциометр 2 (50 % напряжения)

### **Микромеханические датчики давления**

*Датчик давления во впускном коллекторе и/или датчик давления наддува.* Датчик давления наддува обычно устанавливается непосредственно на впускном коллекторе между турбокомпрессором и двигателем. Он измеряет абсолютное давление во впускном коллекторе (2–400 кПа или 0,02–4,0 бар).

Действительное измерение осуществляется по отношению к разрежению в коллекторе, а не к давлению окружающей среды. Это позволяет проводить точное измерение массового расхода воздуха, и поэтому регулирование турбокомпрессора может осуществляться в соответствии с режимом работы двигателя.

*Датчик атмосферного давления.* Может быть установлен в ЭБУ или в другом месте в моторном отсеке двигателя. Сигнал этого дат-

чика используется для высотной коррекции установочных величин в контурах с обратной связью (например, для системы рециркуляции ОГ или регулирования давления наддува). Это позволяет компенсировать разницу в атмосферном давлении при работе на различных высотах. Датчик атмосферного давления измеряет абсолютное давление в диапазоне 60–115 кПа (0,6–1,15 бар).

*Датчики давления масла и топлива.* Устанавливаются в масляном фильтре и измеряют абсолютное давление. Эта информация используется для определения нагрузки двигателя, что требуется для изображения на экране монитора. Диапазон измеряемого давления от 50 до 1000 кПа (0,5–10,0 бар).

Высокое сопротивление чувствительного элемента датчика по отношению к измеряемой среде означает, что он может быть использован также для измерения давления топлива в ступени низкого давления топливной системы. Датчик устанавливается или в топливном фильтре, или на нем. Его сигнал используется для отслеживания степени загрязнения топлива. Диапазон измеряемого давления 20–400 кПа.

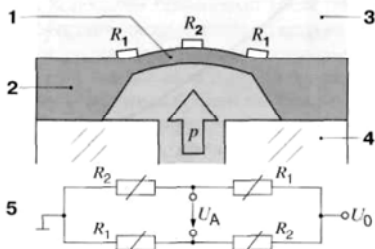
*Устройство и конструкция.* Измеряющий элемент является сердцем микромеханического датчика давления (рис. 3.5, а) и состоит из кремниевого чипа 2, внутри которого микромеханическим способом вставлена тонкая диафрагма 1. На диафрагме расположены четыре измеряющих резистора ( $R$  и  $R2$ ), электрическое сопротивление которых изменяется, когда к диафрагме прикладывается давление. Чувствительный элемент на стороне электронной схемы закрыт и уплотняется крышкой, которая заключает внутри себя зону опорного разрежения.

В датчик давления (рис. 3.5, б) может быть также вмонтирован температурный датчик 1, сигналы которого могут оцениваться отдельно. Преимущество такого устройства заключается в том, что требуется только один корпус датчика для измерения как температуры, так и давления (рис. 3.5, в).

*Принцип работы.* Диафрагма чувствительного элемента может выгибаться на несколько микрон (10–1000 мкм) в зависимости от прикладываемого к ней давления. Возникающее в результате механическое растяжение вызывает изменение сопротивления четырех измеряющих резисторов, закрепленных на диафрагме (пьезорезистивный эффект).

**Микросхема микрометрического датчика давления DS-LDF4 (схема сопротивлений)**

1 – диафрагма, 2 – кремниевый чип, 3 – зона разрезания, 4 – стекло (пирекс – боросиликатное стекло), 5 – мост Уитстона;  
 $p$  – измеряемое давление,  $U_0$  – напряжение питания,  $U_A$  – измеряемое напряжение,  $R_1$  – измеряющие резисторы (работают на растяжение),  $R_2$  – измеряющие резисторы (работают на сжатие).

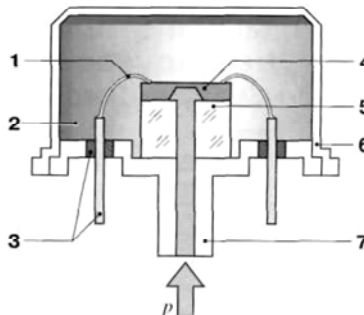


*a*

UAE0017-1Y

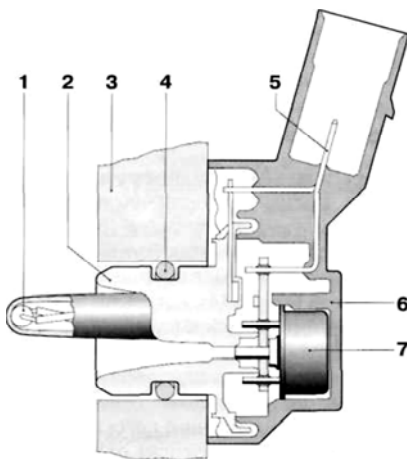
**Чувствительный элемент микромеханического датчика давления DS-LDF4 (конструкция)**

1 – провод, 2 – опорное разрезание, 3 – электрические выводы в стеклянной заделке, 4 – чувствительный элемент (чип) с электронной схемой, 5 – стеклянное основание, 6 – крышка, 7 – соединение для измеряемого давления ( $p$ ).



*б*

UAE0646-2Y



*в*

UAE0722Y

Рис. 3.5. Конструкция микромеханического датчика давления наддува DS-LDF4:

- 1 – датчик температуры (NTC); 2 – корпус датчика;  
 3 – стенка впускного коллектора; 4 – уплотнительное кольцо;  
 5 – электрический вывод; 6 – крышка корпуса; 7 – чувствительный элемент



Эти измеряющие резисторы установлены на кремниевом чипе, когда диафрагма деформируется из-за приложения давления, электрическое сопротивление двух резисторов увеличивается, а сопротивление двух других резисторов уменьшается. Поскольку резисторы являются частью моста Уитстона, то при изменении величины сопротивления изменяется напряжение на концах измерительных резисторов и вместе с этим измеряемое напряжение  $U_A$ , которое таким образом становится мерой величины давления, приложенного к диафрагме. Использование мостовой схемы позволяет генерировать более высокое измеряемое напряжение, чем это было бы возможно в схеме с одним резистором. Мост Уитстона, следовательно, позволяет получить более высокий уровень чувствительности датчика.

Сторона диафрагмы, на которой установлены элементы электронной схемы и на которую не действует давление, находится под воздействием опорного разрежения (рис. 3.5, б) 2 и таким образом датчик измеряет абсолютное давление.

Электронная схема формирования сигнала встроена в чип и служит для усиления напряжения моста, компенсации температурных колебаний и линеаризации кривой характеристики давления. Выходное напряжение, составляющее величину 0–5 В, через электрические выводы датчика (рис. 3.5, в) 5 подается на ЭБУ, в котором рассчитывается величина давления посредством запрограммированной характеристической кривой (рис. 3.6).

*Индуктивные датчики частоты вращения и положения вала.* Датчики частоты вращения используются для определения угла поворота коленчатого вала (положения поршней двигателя).

Частота вращения рассчитывается по частоте сигнала датчиков. Выходной сигнал от датчика частоты вращения является одним из самых важных в системе электронного управления двигателя.

*Устройство и принцип работы.* Датчик устанавливается непосредственно напротив ферромагнитного зубчатого диска – задатчика угловых импульсов 8 (рис. 3.7), от которого его отделяет небольшой воздушный зазор. Датчик имеет сердечник из магнитомягкого железа 4, который заключен в электромагнитную обмотку 5. Сердечник соединен также с постоянным магнитом 1, и магнитное поле проходит через сердечник и зубчатый диск – задатчик импульсов 8.

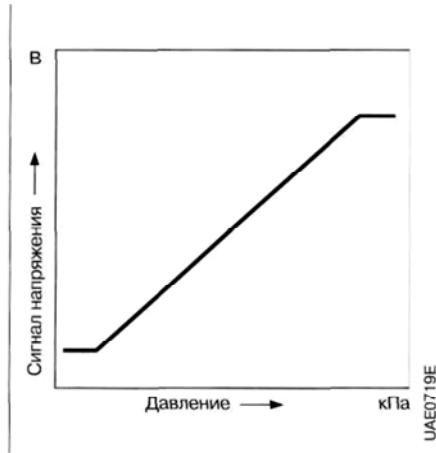


Рис. 3.6. Характеристика микромеханического датчика давления наддува

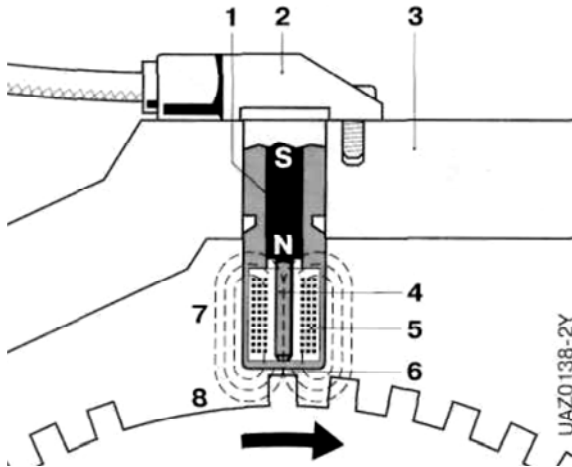


Рис. 3.7. Индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала:  
 1 – постоянный магнит; 2 – корпус датчика; 3 – блок цилиндров двигателя;  
 4 – магнитный сердечник; 5 – электромагнитная обмотка;  
 6 – воздушный зазор; 7 – магнитное поле; 8 – задатчик угловых импульсов (зубчатый диск) с отметчиком – пропуском зубьев

Интенсивность магнитного потока, проходящего через обмотку, зависит от того, находится ли датчик напротив зуба на диске или напротив промежутка (пропуска зубьев).

Поскольку магнитный поток концентрируется зубьями диска, что приводит к увеличению магнитного потока через обмотку, то при подходе пропуска зубьев он ослабевает. Следовательно, при вращении зубчатого диска возникают колебания магнитного потока, которые, в свою очередь, генерируют синусоидальные колебания напряжения в электромагнитной обмотке, пропорциональные скорости изменения магнитного потока (рис. 3.8). Амплитуда колебаний переменного напряжения увеличивается строго пропорционально увеличению скорости вращения зубчатого диска (от нескольких мВ до 100 В). Для генерирования достаточного уровня сигнала требуется по крайней мере  $30 \text{ мин}^{-1}$ .

На рис. 3.8 представлена осциллограмма сигнала с ДПКВ.



Рис. 3.8. Осциллограмма сигнала с ДПКВ

*Датчики Холла.* Распределительный вал двигателя вращается в два раза медленнее коленчатого вала. При движении поршня к ВМТ угловое положение распределительного вала позволяет определить, является ли это тактом сжатия или тактом выпуска. Датчик фазы положения распределительного вала обеспечивает этой информацией ЭБУ.

*Устройство и принцип работы.* В датчике углового положения вала используется эффект Холла. На задатчике угловых импульсов, закрепленном на распределительном валу, имеются выступы (зубья) из ферромагнитного материала и, когда один из этих выступов проходит мимо токоведущего чувствительного элемента (чипа) датчика, его магнитное поле направляет электроны чипа в вертикальном направлении. В результате появляется сигнал напряжения (напряжение Холла), который направляется в ЭБУ как информация о рабочем цикле в цилиндре № 1. Выходное напряжение датчика находится в диапазоне милливольт и не зависит от относительной скорости между датчиком и зубчатым диском. Перед отправлением сигнала он оценивается вычислительным контуром, встроенным в датчик.

*Массовый расходомер воздуха HFМ5 с пленочным термоанемометром.* Для обеспечения оптимального процесса сгорания, которое необходимо для выполнения норм выброса вредных веществ, определяемых законодательством, требуется точный массовый расход воздуха в зависимости от режима работы двигателя. Особенно это касается легковых автомобилей, где требуется установка датчика, который может точно измерять величину массового расхода воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя. Такая высокая точность необходима для определения величины пульсаций и обратных токов воздуха, возникающих в результате открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов. Точность измерения не должна при этом зависеть от изменений температуры воздуха на впуске.

Все эти условия выполняются массовым расходомером воздуха HFМ5 с пленочным термоанемометром.

*Устройство и конструкция:* измерительный патрубок вмонтирован в массовый расходомер воздуха HFМ5 с пленочным термоанемометром (2 на рис. 3.9), который в зависимости от требуемого двигателем расхода воздуха имеет различные диаметры (диапазон расхода воздуха 370–970 кг/ч). Он устанавливается во впускном канале за воздушным фильтром. Возможен также вариант встроенного измерительного патрубка, который устанавливается внутри воздушного фильтра.

Воздух, входящий во впускной трубопровод, обтекает чувствительный элемент датчика 5, который вместе с вычислительным контуром 3 является основным компонентом датчика HFМ5.

Для нанесения компонентов чувствительного элемента на основание полупроводниковой печатной платы и компонентов вычислительного контура на керамическое основание применяется метод осаждения из паровой фазы. Эта технология позволяет получить очень компактную конструкцию датчика.

Входящий воздух проходит через обводной канал 7 за чувствительным элементом датчика. Чувствительность датчика при наличии сильных пульсаций потока может быть улучшена применением соответствующей конструкции обводного канала, при этом определяются также и обратные токи воздуха. Датчик HFМ5 соединяется с ЭБУ через выводы 1.

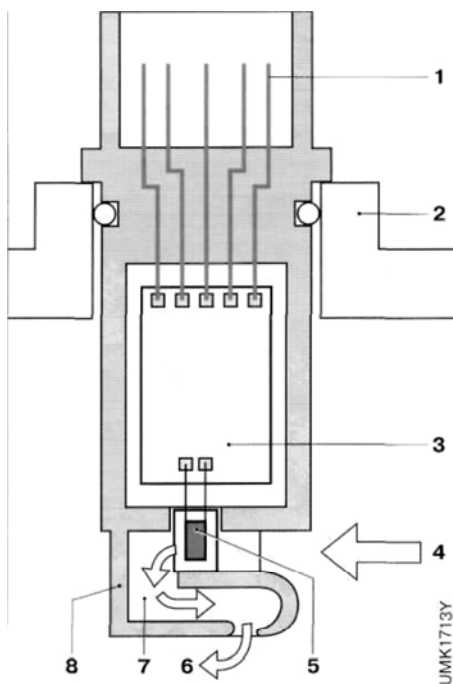


Рис. 3.9. Схема массового расходомера воздуха HFМ5 с пленочным термоанемометром:

- 1 – выводы электрического разъема; 2 – измерительный патрубок или корпус воздушного фильтра; 3 – вычислительный контур (гибридная схема); 4 – вход воздуха; 5 – чувствительный элемент датчика; 6 – выход воздуха; 7 – обводной канал; 8 – корпус датчика

Используя характеристику датчика (рис. 3.10), запрограммированную в ЭБУ, измеренное напряжение преобразуется в величину, представляющую массовый расход воздуха (кг/ч). Форма кривой характеристики является такой, что диагностические устройства, встроенные в ЭБУ, могут определять такие нарушения, как обрыв цепи.

В датчик HFM5 может также быть вмонтирован температурный датчик для выполнения вспомогательных функций. Он располагается в пластмассовом корпусе и не является обязательным для измерения массового расхода воздуха.

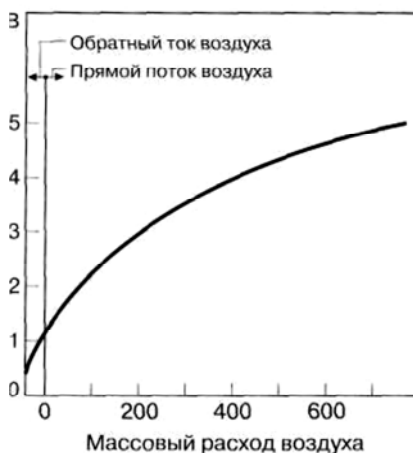


Рис. 3.10. Сигнал напряжения датчика HFM5 как функция массового расхода воздуха, обтекающего датчик

### 3.2. Выполнение работы

#### *Проверка относительной компрессии дизельного двигателя*

1. Для измерения относительной компрессии необходимо воспрепятствовать пуску двигателя. На дизельном двигателе сделать это можно следующим образом: подключить сканер Bosch KTS, отключить подачу топлива либо отсоединить разъем жгута проводки форсунок, в окне выбора типа проверки установить Этапы пров. => Аккумуляторная батарея => Стартер => Сжатие.

2. Подключить провод В+/В- к соответствующим клеммам АКБ. Первым подключается зажим черного цвета к клемме (-) АКБ.

3. Подсоединить токовые клещи 1000 А к СН2 мотортестера. Установить их на один из силовых проводов, отходящий от АКБ, при этом необходимо учитывать полярность. Стрелка со знаком «+» должна быть направлена к плюсовой клемме АКБ. Проследить, чтобы клещи были плотно сомкнуты и установлены в цепи до генератора.

4. В окне выбора типа испытаний выбрать Этапы пров. => Аккумуляторная батарея => Стартер => Сжатие. Откроется окно проведения испытаний.

5. Запустить выполнение испытания кнопкой F6 или с помощью дистанционного пульта, начать пуск двигателя, прекратить пуск через 4–5 с.

На экран будут выведены относительная компрессия и график зависимости потребляемого стартером тока от угла поворота коленчатого вала (рис. 3.11).

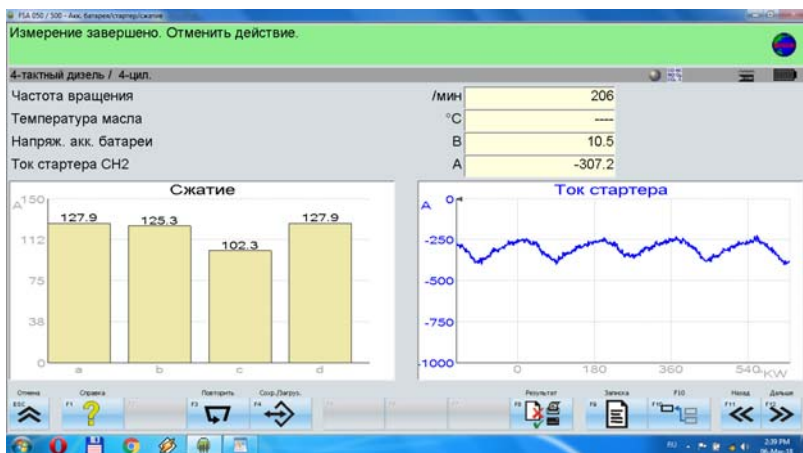


Рис. 3.11. Окно результатов измерения относительной компрессии

### *Проверка состояния АКБ*

Состояние аккумуляторной батареи для дизельного двигателя важно, т. к. он предъявляет к ней более высокие требования по пусковому току.

1. Подключить провод В+/В- к выходу 1 (рис. 1.2) мотор-тестера и соответствующим клеммам АКБ. Первым подключается зажим черного цвета к клемме (-) АКБ.

2. Подсоединить токовые клещи 1000 А к СH2 (разъем 4) мотор-тестера. Установить их на один из силовых проводов, отходящих от АКБ, при этом необходимо учитывать полярность. Стрелка со знаком «+» должна быть направлена к плюсовой клемме АКБ. Проследить, чтобы клещи были плотно сомкнуты и установлены в цепи до генератора.

3. В окне выбора типа испытаний (рис. 3.12) выбрать Этапы пров. => Аккумулятор. Батарея => Ток стартера. Откроется окно проведения испытаний. Ввести в окно информацию о токе холодной прокрутки и стандарте, по которому он был определен (см. информационную наклейку на АКБ).

4. Нажать кнопку начала измерений. Запустить выполнение испытания кнопкой F6 или с помощью дистанционного пульта, начать пуск двигателя, произвести прокрутку стартером до запуска двигателя.

5. Заглушить двигатель. Нажать остановку измерений. Программа произведет необходимые расчеты самостоятельно на основе измеренного внутреннего сопротивления АКБ. Программа подсветит окно результата зеленым, желтым или красным цветом, в зависимости от состояния АКБ (рис. 3.13).

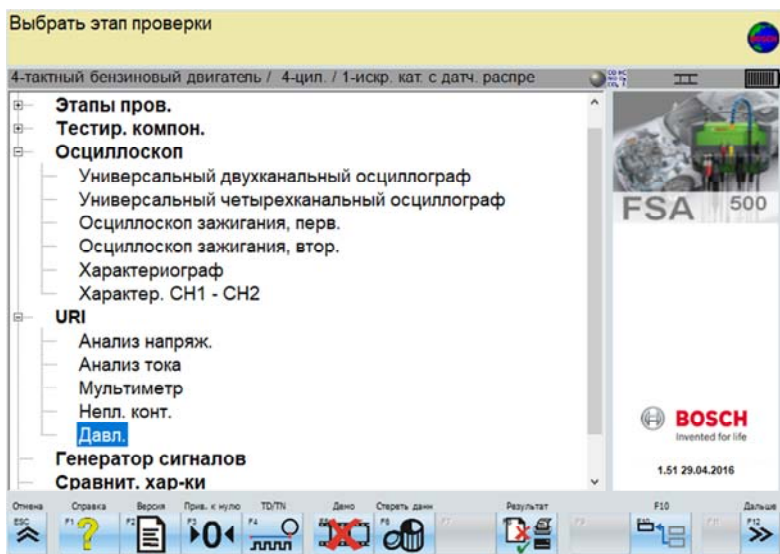


Рис. 3.12. Выбор этапа проверки



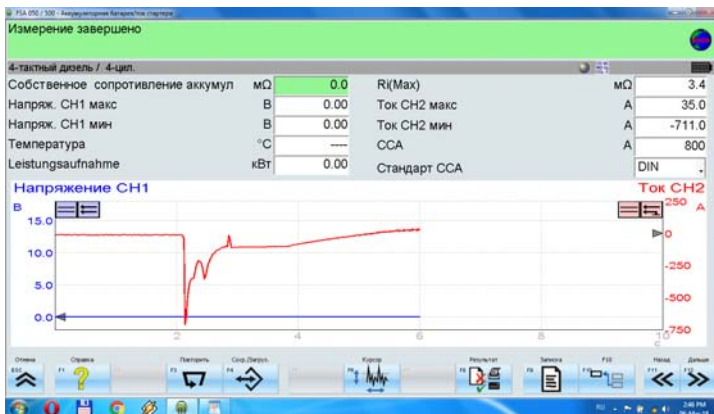


Рис. 3.13. Окно результатов проверки АКБ

### *Проверка регулятора напряжения*

1. Подключить провод В+/В- к выходу 1 (рис. 1.2) мотор-тестера и соответствующим клеммам АКБ. Первым подключается зажим черного цвета к клемме (-) АКБ.

2. Запустить окно проверки регулятора напряжения. Для этого в меню выбора проверок выбрать Тестир. компон. => Регулятор напряжения.

3. Произвести пуск двигателя. На рис. 3.14 представлена осциллограмма пульсации напряжения. Пульсации до 2 % считаются допустимыми.

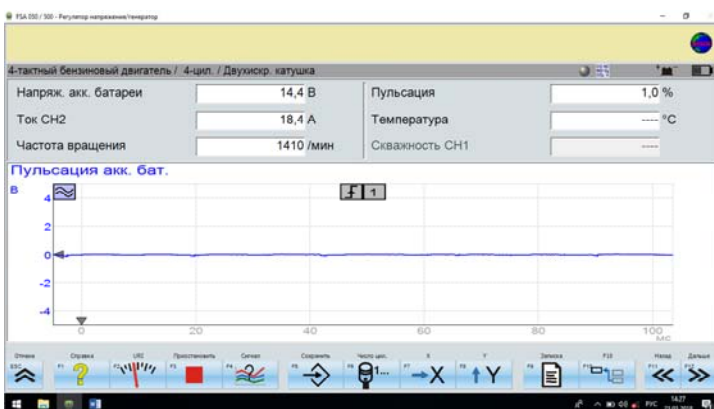


Рис. 3.14. Пульсации напряжения АКБ

### Проверка генераторной установки осциллографом

1. Подсоединить многофункциональный провод к СН1 или СН2 (разъемы 4 и 3 мотор-тестера соответственно). На измерительные концы проводов надеть специальные наконечники из комплекта.

2. Запустить окно осциллографа. Для этого в меню выбора провектор выбрать Осциллоскоп => Универсальный двухканальный осциллограф либо Универсальный четырехканальный осциллограф.

3. В окне выбрать в качестве источников сигналов соответствующий канал, установить масштаб по осям  $X$  (время) и  $Y$  (величина измерения) для наиболее наглядного представления осциллограммы. На рис. 3.15 представлена осциллограмма напряжения и тока при работе двигателя.

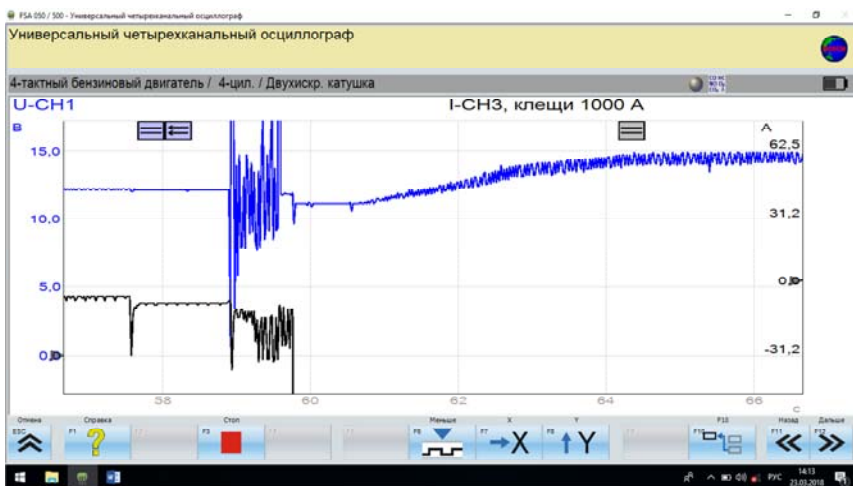


Рис. 3.15. Осциллограмма напряжения и тока при пуске двигателя

## ЛИТЕРАТУРА

1. Bosch FSA 500: руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://di-zel.ru/podd/instr/> – Дата доступа: 24.02.2018.
2. Программное обеспечение CompactSoft [Электронный ресурс] : Справка. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Погребной, С. П. ВАЗ 2115i-14i-13i: руководство по эксплуатации, техобслуживанию и ремонту (в фотографиях) / С. П. Погребной. – М: Третий Рим, 2008. – 256 с.
4. Bosch KTS 520: инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://di-zel.ru/podd/instr.> – Дата доступа: 24.02.2018.
5. Электронные системы управления автомобилем: в 3 ч. / сост.: А. С. Гурский, Е. Л. Савич. – Минск : БНТУ, 2007. – Ч. 1: Диагностирование электронных систем управления двигателем. – 80 с.
6. Электронные системы управления автомобилем: в 3 ч. / сост.: А. С. Гурский, Е. Л. Савич. – Минск : БНТУ, 2011. – Ч. 2: Устройство и диагностирование датчиков и исполнительных механизмов автомобильных электронных систем управления. – 91 с.
7. Электронные системы управления автомобилем: в 3 ч. / сост.: А. С. Гурский, Е. Л. Савич. – Минск : БНТУ, 2012. – Ч. 3: Диагностирование электронных блоков управления автомобильных систем : лабораторные работы (практикум) для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис». – 63 с.
8. Системы подачи топлива с насос-форсунками и индивидуальными ТНВД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/dizel-naya-toplivnaya-apparatura/forsunki/toplivny-e-sistemy-s-nasos-forsunkami.> – Дата доступа: 15.02.2018.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лабораторная работа № 1.</b> Диагностирование легковых автомобилей мотор-тестером FSA 500 .....	3
<b>Лабораторная работа № 2.</b> Диагностирование легкового автомобиля с бензиновым двигателем мотор-тестером FSA 500 ....	27
<b>Лабораторная работа № 3.</b> Диагностирование легкового автомобиля с дизельным двигателем мотор-тестером FSA 500 .....	41
<b>Литература</b> .....	59

Учебное издание

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ МОТОР-ТЕСТЕРОМ FSA 500**

Практикум  
для специальностей 1-37 01 06 «Техническая  
эксплуатация автомобилей (по направлениям)»,  
1-37 01 07 «Автосервис»

Составители:

**ГУРСКИЙ** Александр Станиславович  
**САВИЧ** Евгений Леонидович  
**СЕРЕБРЯКОВ** Игорь Андреевич [и др.]

Редактор *Е. О. Германович*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 12.05.2021. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 3,55. Уч.-изд. л. 2,77. Тираж 100. Заказ 376.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.