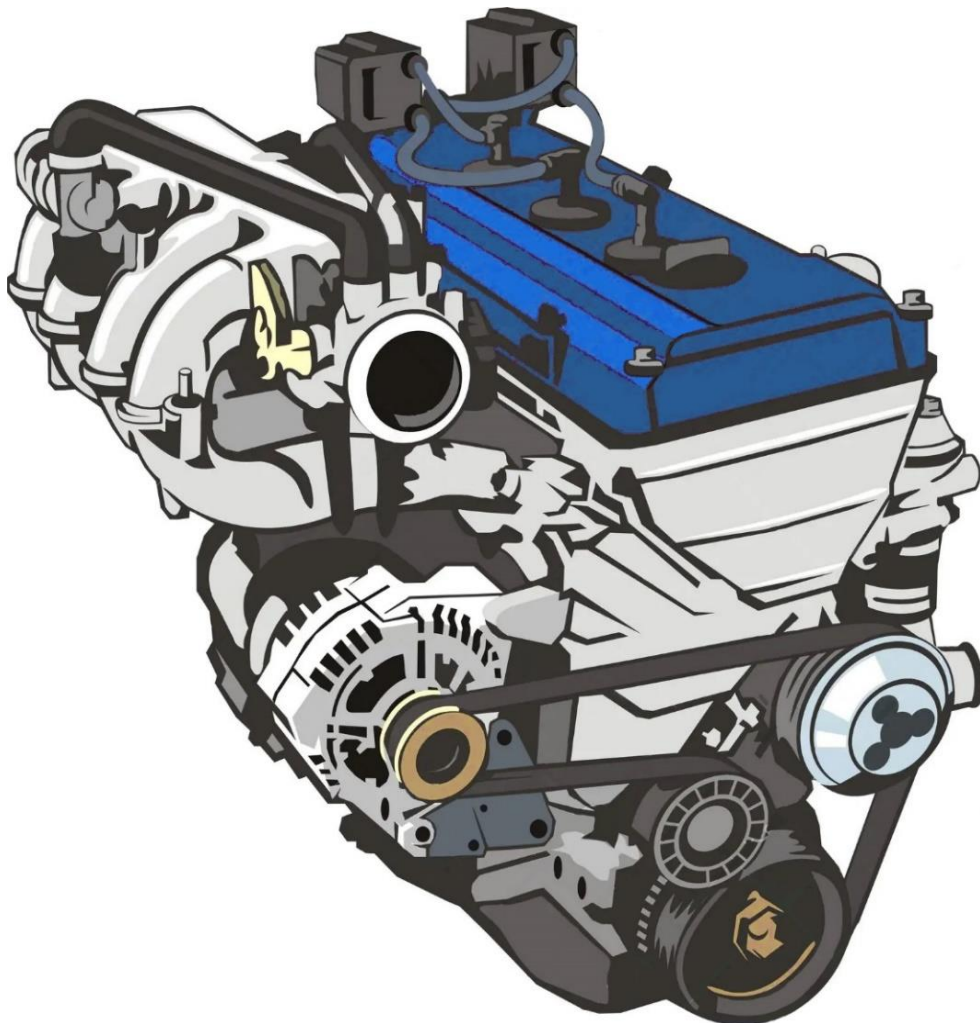




МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

М.В. ГРИГОРЬЕВ, В.В. ГУЛЫЙ,
Э.Р. АСАТРЯН, Т.Р. ГАСАНОВ

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭСУД БЕНЗИНОВОГО ДВС НА БАЗЕ ЗМЗ-406



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»

Кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис»

М.В. ГРИГОРЬЕВ, В.В. ГУЛЫЙ,
Э.Р. АСАТРЯН, Т.Р. ГАСАНОВ

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭСУД БЕНЗИНОВОГО ДВС НА БАЗЕ ЗМЗ-406

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Допущено Федеральным УМО по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 23.00.00 – «Техника и технологии наземного транспорта» в качестве учебно-методического пособия для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», уровень образования – «бакалавриат», 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства», уровень образования – «специалитет».

МОСКВА
МАДИ
2025

УДК 621.43:681.518.5:004.9

ББК 31.365:30.82:32.81

Д440

Рецензенты:

В.И. Карагодин, д-р техн. наук, проф. руковод. образовательных программ заочного факультета (ФГБОУ ВО МАДИ, г. Москва),

Н.Н. Пуляев, канд. техн. наук, доц., каф. «Тракторов и автомобилей» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА, г. Москва).

Григорьев, М.В.

Д440 Диагностика электронных компонентов ЭСУД бензинового ДВС на базе ЗМЗ-406: учебно-методическое пособие / М.В. Григорьев, В.В. Гулый, Э.Р. Асатрян, Т.Р. Гасанов. – Москва: МАДИ, 2025. – 72 с.

В учебно-методическом пособии по курсам «Бортовые компьютерные системы автомобилей», «Бортовые компьютерные системы наземных транспортно-технологических средств» и «Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств» подробно приведена методика комплексного подхода к проведению лабораторной работы, описан общий принцип работы ЭСУД бензинового ДВС, технические особенности и функциональное назначение компонентов ЭСУД ЗМЗ-406, а также пошагово представлена последовательность выполнения лабораторной работы на базе ДВС ЗМЗ-406.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», направленность (профиль) – «Автомобильный сервис» (уровень подготовки – бакалавриат) и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (уровень подготовки – специалитет).

УДК 621.43:681.518.5:004.9

ББК 31.365:30.82:32.81

© М.В. Григорьев, 2025

© В.В. Гулый, 2025

© Э.Р. Асатрян, 2025

© Т.Р. Гасанов, 2025

© МАДИ, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Термины и определения	4
Перечень сокращений и обозначений	6
Введение	7
Диагностирование электронных компонентов	
ЭСУД бензинового ДВС на базе ЗМЗ-406.	
Цель работы	8
Оснащение учебного места	8
Инструкция по технике безопасности	9
Методика комплексного подхода к проведению лабораторной работы.....	10
Общие сведения.....	16
Общий принцип работы ЭСУД	16
Описание работы электронной системы управления двигателем ЗМЗ-406	18
Описание работы электронного блока управления Микас-7.1	21
Датчики в ЭСУД Микас-7.1 на ДВС ЗМЗ-406	23
Исполнительные механизмы в ЭСУД Микас-7.1 на ДВС ЗМЗ-406	25
Теоретические основы диагностирования ЭСУД	31
Оценка технического состояния ЗМЗ-406	33
Последовательность выполнения работы.....	35
Контрольные вопросы и задания	37
Приложение 1	39
Приложение 2	51
Приложение 3	55
Приложение 4	59
Приложение 5	62
Приложение 6	65
Приложение 7	69
Литература	71

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем учебно-методическом пособии приведены термины и их определения согласно действующим ГОСТ 20911-89 и ГОСТ 27.002 – 2015:

- диагностика – наука, раскрывающая теорию, методы и средства определения состояния объекта без разборки или при минимальной разборке;
- техническая диагностика – отрасль знаний, исследующая техническое состояние объектов диагностирования, разрабатывающая методы их определения, а также принципы построения и организацию использования систем диагностирования;
- техническое диагностирование – процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определённой точностью;
- объект технического диагностирования – изделие (применительно к транспортному средству – деталь, узел, система, агрегат, автомобиль), подлежащее оценке технического состояния;
- техническое состояние – состояние объекта, характеризуемое совокупностью установленных в документации параметров, описывающих его способность выполнять требуемые функции в рассматриваемых условиях;
- параметр технического состояния – физическая величина, характеризующая работоспособность или исправность объекта технического диагностирования, изменяющаяся в процессе эксплуатации;
- диагностические параметры – параметры, используемые для определения технического состояния машин (температура, шум, вибрация, давление, напряжение, сила тока и др.);
- надёжность – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и

условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования;

– безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения;

– ремонтпригодность – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путём технического обслуживания и ремонта;

– восстанавливаемость – свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта;

– долговечность – свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния;

– сохраняемость – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования;

– готовность – свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены;

– работоспособное состояние – состояние объекта, в котором он способен выполнять требуемые функции;

– отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта;

– неисправное состояние (неисправность) – состояние объекта, в котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленных в документации на него.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем учебно-методическом пособии применяют следующие сокращения и обозначения:

- АКБ – аккумуляторная батарея;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- ГРМ – газораспределительный механизм;
- ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
- ДД – датчик детонации;
- ДК – датчик кислорода;
- ДМРВ – датчик массового расхода воздуха;
- ДПДЗ – датчик положения дроссельной заслонки;
- ДПКВ – датчик положения коленчатого вала;
- ДПРВ – датчик положения распределительного вала;
- ДС – датчик синхронизации;
- DST – диагностический сканер-тестер;
- ДТОХ – датчик температуры охлаждающей жидкости;
- ДТВ – датчик температуры воздуха;
- ДФ – датчик фазы;
- ИМ – исполнительный механизм;
- ЗМЗ – Заволжский моторный завод;
- КЗ – катушка зажигания;
- КШМ – кривошипно-шатунный механизм;
- ОГ – отработавшие газы;
- РХХ – регулятор холостого хода;
- СЗ – свеча зажигания;
- ТВС – топливно-воздушная смесь;
- ТС – транспортное средство;
- ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;
- ЦПГ – цилиндро-поршневая группа;
- ЭБУ – электронный блок управления;
- ЭФ – электромагнитная форсунка;
- ЭСУД – электронная система управления двигателем.

ВВЕДЕНИЕ

В автомобильной промышленности за последние 50 лет проведено глобальное поэтапное изменение конструкции силовых агрегатов транспортных средств и, в частности, систем питания и зажигания бензиновых ДВС. Современные силовые агрегаты, узлы и механизмы оснащаются электронными системами, которые стали полноценными адаптивными устройствами, помогающими водителю комфортно эксплуатировать свой автомобиль при неотъемлемом условии обеспечения дорожной и экологической безопасности транспортного средства.

При этом, сложность конструкции электронных компонентов и алгоритмов работы компьютеризированных систем усложняет технологию обслуживания и ремонта автомобиля, которые являются важнейшими элементами комплексного процесса эксплуатации автомобильного транспорта.

В настоящем учебно-методическом пособии приведены обобщенные сведения об особенностях конструкции и функционировании электронных компонентов системы управления бензинового двигателя ЗМЗ-406, методах контроля технического состояния и эффективных способах выявления и устранения причин, вызывающих отказы и неисправности компонентов рассматриваемой электронной системы управления двигателем.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭСУД БЕНЗИНОВОГО ДВС НА БАЗЕ ЗМЗ-406

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с конструктивными особенностями электронной системы управления двигателем ЗМЗ-406 и её компонентов.
2. Изучить технологию обслуживания и основные принципы диагностирования электронных систем автомобиля, используя современные универсальные средства технического диагностирования с расширенными возможностями.
3. Получить практические навыки контроля технического состояния ЭСУД при помощи специализированного сканера, анализируя принципы формирования алгоритмов современного диагностирования.
4. Практически изучить функциональное назначение компонентов ЭСУД, охарактеризовать визуальные проявления вводимых отказов / неисправностей датчиков или исполнительных механизмов, а также оценить их влияние на работу впрыскового ДВС.
5. Дать развернутое и обоснованное заключение о техническом состоянии исследуемой системы, а также дать рекомендации о возможных дальнейших профилактических или ремонтных воздействиях на объект диагностирования.
6. Описать приоритетные направления в диагностике ЭСУД.

ОСНАЩЕНИЕ УЧЕБНОГО МЕСТА

1. Двигатель, оснащенный ЭСУД, работающий на бензине.
2. Сканер-тестер ДСТ-2М.
3. Мультиметр.
4. Манометр.
5. Динамометрический стенд.
6. Плакаты и инструкция по диагностированию двигателя.
7. Нормативная и учебная литература.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Студентам запрещается находиться в помещении лаборатории технического обслуживания (ЛТО) автомобилей в отсутствии учебного мастера или преподавателя кафедры ЭАТиС.

2. Лабораторная работа выполняется студентами в присутствии преподавателя и учебного мастера.

3. Пуск и остановка ДВС диагностируемого автомобиля производится учебным мастером.

4. Диагностические работы необходимо проводить в строгой последовательности, описанной в данном учебно-методическом пособии, под контролем учебного мастера.

5. Для безопасной работы следует применять исправное диагностическое оборудование, стенды и приспособления; использовать их только для тех работ, для которых они предназначены.

6. При проведении диагностических работ с работающим двигателем, на оконечную трубу системы выпуска ОГ должен быть надет шланг местного отсоса ОГ.

7. При обнаружении очага пожара или загорания необходимо немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, приступить к тушению очага пожара имеющимися средствами пожаротушения.

8. Студенты, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, не допускаются к выполнению лабораторной работы.

Студенты, не выполняющие данную инструкцию, удаляются из ЛТО автомобилей и допускаются в дальнейшем к учебным занятиям только с разрешения директора института.

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Современные векторы развития комплексных методов обучения призваны повысить эффективность приобретения знаний студентами и их вовлеченность в образовательный процесс. Одним из таких векторов является адаптивное обучение, которое учитывает приобретенный объем знаний студента, непрерывный мониторинг процесса получения знаний и качество их усвоения.

Основными функциональными задачами комплексного подхода в образовании, решаемыми в процессе адаптивного обучения, являются: организация самостоятельной работы студентов, построение дистанционного обучения, развитие профессиональных компетенций в рамках современного тренда развития обучения под названием «life long learning».

Имеющийся уровень развития информационных технологий позволяет на новом уровне реализовывать сложные задачи в области систем искусственного интеллекта и обработки больших данных, которые стали наиболее актуальными в период широкого распространения электронного обучения, к числу которых относятся системы адаптивного обучения. В связи с этим одной из приоритетных задач является разработка и внедрение в учебный процесс технологий адаптивного обучения.

На основе анализа проведенного исследования среди студентов Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), целью которого было выяснить, какие методы и средства обучения и получения информации, а также формы проведения занятий являются наиболее эффективными, по мнению самих студентов, и какие из них больше способствуют формированию своих профессиональных компетенций удалось выявить, что деятельностный подход в обучении студентов технических специальностей является наиболее эффективным;

гибридный формат занятий способствует активной реализации принципа «инвертированного обучения», т.е. когда за счет самостоятельной подготовки студентов вне вуза высвобождается необходимое время для интерактивных видов учебной деятельности на практических занятиях. Внедрение современных инновационных методик в рабочие программы технических дисциплин значительно повышает качество знаний студентов и активно мотивирует их к дальнейшему профессиональному и личностному росту.

В данном учебно-методическом пособии представлена усовершенствованная схема-модель (рис. 1) для разработанной на кафедре ЭАТиС методики комплексного подхода к проведению ранее разработанной лабораторной работы «Компьютерная диагностика двигателя EJ253 на автомобиле Subaru Outback», обеспечивающей за счет обратной связи контроль качества подготовки и знаний студентов и использующей деятельностные методы обучения.



Рис. 1. Схема методики проведения лабораторной работы

Предложенная схема комплексного подхода, включающая в себя последовательное тестирование обучающихся и синтез деятельностных методов обучения, предусматривает замкнутый цикл проведения лабораторной работы, состоящий из четырех базовых блоков: самостоятельная подготовка студентов в дистанционном формате; практическое проведение занятия в очном формате, состоящего из четырёх этапов; итоговый контроль усвоения знаний; тактическая корректировка методики проведения занятия и контрольных тестов (при необходимости).

Первый этап самостоятельной работы студента в рамках самоподготовки к предстоящей лабораторной работе предполагает использование ресурсов персонального сайта преподавателя, где в разделе "Учебная литература" для предварительного ознакомления размещена соответствующая учебно-методическая литература. Обучающийся имеет возможность: скачать учебные материалы на свой персональный компьютер, планшет или смартфон; внимательно изучить теоретические аспекты; ознакомиться с последовательностью выполнения лабораторной работы; осуществить печать учебного пособия (целиком, отдельные части, приложения). Так, например, заблаговременно распечатанный бланк-отчет потребуются студенту для ознакомления с практическими этапами лабораторной работы и впоследствии успешного её выполнения и защиты.

Второй этап самостоятельной подготовки студента заключается в обязательном контроле её эффективности. На странице сайта, где представлено учебно-методическое пособие, также прилагается ссылка на электронный ресурс Yandex Forms или аналогичный, позволяющий пройти тестирование полученной базовой подготовки и оценить качество начального (I) уровня знаний студента и, в случае успешного прохождения теста, максимально эффективно выполнить лабораторную работу.

Схема этапов совместной работы студентов в рамках практического выполнения представленной лабораторной работы в очном формате на базе ЛТО представлена на рисунке 2 ниже.

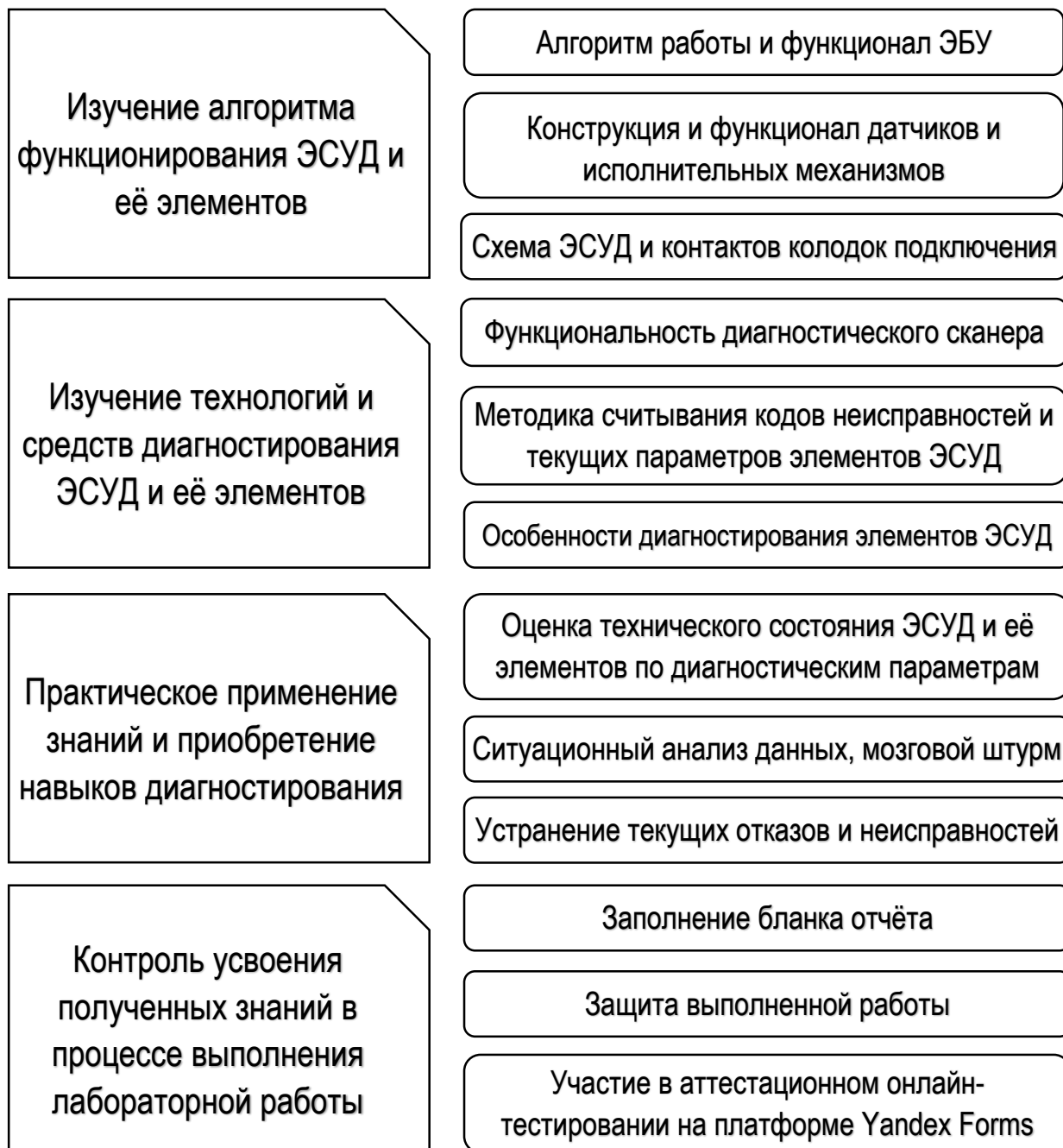


Рис. 2. Схема этапов совместного проведения практической части лабораторной работы

В рамках второго (практического) блока разработанной методики, помимо изучения диагностического оборудования и выполнения соответствующих диагностических процедур на

практике, предусматривается проведение ситуационного анализа и дискуссии, дающих студентам возможность самореализоваться в процессе обсуждения последовательности диагностических воздействий, методов контроля технического состояния объекта диагностирования, существующих технологий обслуживания бортовых компьютерных систем автомобиля и в конечном итоге вынесения верного, научно обоснованного заключения о техническом состоянии объекта диагностирования, позволяющее им в будущей профессиональной деятельности сформировать оптимальную стратегию проведения диагностики автомобиля в целом или отдельно взятой бортовой компьютерной системы.

Завершающие два блока схемы инновационной методики (см. рис. 1), включенные в основную последовательность замкнутого цикла, предполагают реализацию специального алгоритма адаптации и настройки качества проведения лабораторной работы. Такой алгоритм позволяет решать адаптивные задачи совершенствования методики преподавания, требующие стратегических итеративных улучшений. Идея, заложенная в описанный адаптационный алгоритм, заключается в последовательно-циклической коррекции методики за счет совершенствования (настройки) базы знаний в учебно-методическом пособии и информационного наполнения лабораторной работы, на основе регулярно проводимого мониторинга и анализа результатов тестирования I и II уровней знаний студентов.

Таким образом, представленная инновационная методика проведения лабораторной работы для студентов технических специальностей обладает всеми признаками, присущими самонастраивающимся системам с удобной функцией обратной связи, которые способны адаптироваться под непрерывно меняющиеся требования и факторы внешней среды. Такая динамика изменения условий преподавания всё чаще вынуждают учебные заведения прибегать к гибридной форме обучения студентов,

предусматривающей как онлайн формат, так и очное присутствие студентов в учебной аудитории кафедры. Гибридный формат занятий способствует активному внедрению так называемого «перевернутого обучения» – педагогического подхода, при котором студенты самостоятельно осваивают теорию дома, а уже на лабораторных работах в динамичной интерактивной среде под руководством преподавателя творчески применяют изученную теорию на практике. Проведенные пробные учебные занятия показывают положительный результат в освоении студентами новых теоретических знаний и практических навыков, повышенную активность и вовлеченность студентов в учебный процесс, а также искреннюю заинтересованность в освоении нового материала. Регулярный мониторинг и анализ балльной оценки результатов контрольного тестирования знаний студентов I и II уровней позволят осуществить точную "настройку" как самих процессов подготовки и выполнения всех этапов лабораторной работы, так и качественных характеристик вопросов, участвующих в тестировании знаний студентов.

Разработанный адаптационный алгоритм проведения практических занятий со студентами позволяет внедрить ряд деятельностных методов обучения, где за счёт самостоятельной дистанционной подготовки студентов высвобождается необходимое время на занятиях для проведения дискуссий, ситуационного анализа (решение кейсов), мозгового штурма и т.п. Проводимый последующий контроль полученных знаний студентами позволяет объективно (качественно и количественно) оценить уровень знаний студентов по конкретной изученной теме. По результатам оценки полученных знаний преподаватель при необходимости сможет обоснованно и оперативно скорректировать тактику проведения занятий, а также объём и уровень сложности вопросов в тесте I и II уровней для обеспечения требуемых профессиональных компетенций студента.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Общий принцип работы ЭСУД

Система электронного управления двигателем предназначена для обеспечения оптимизации рабочих процессов ДВС при различных режимах его работы. Мозговым и руководящим центром комплексной системы управления двигателем является электронный блок – ЭБУ, который непосредственно регулирует рабочие процессы силового агрегата в соответствии с программными алгоритмами, заложенными в его памяти. ЭБУ также осуществляет непрерывный контроль технического состояния элементов подсистем впрыска, зажигания и топливной подсистемы. Для корректной работы ДВС используются данные считывающих устройств – датчиков, которые устанавливаются на элементах конструкции двигателя, и на основе полученных данных, а также программных алгоритмов ЭБУ рассчитывает и формирует требуемый электрический импульс на исполнительные механизмы ЭСУД – форсунки, катушки зажигания, различные клапана, шаговые двигатели, регуляторы, силовые реле и пр. Оперативное и точное управление такими устройствами позволяет ЭСУД выполнять следующие функции:

- точное дозирование подачи топлива для обеспечения стехиометрического состава смеси;
- регулирование угла опережения зажигания для оптимального сгорания топливно-воздушной смеси и предотвращения детонации;
- контроль и регулировка токсичности ОГ;
- обеспечение оптимальной реализации режимов работы ДВС;
- отслеживание исправного состояния компонентов ЭСУД.

Современные ДВС оснащаются дополнительными компонентами, такими как турбокомпрессор, коллектор с изменяемой геометрией и др., по этой причине функционал работы ЭСУД шире и сложнее. Для изучения основ конструкции ЭСУД и её обслуживания рассматривается ДВС ЗМЗ-406, оснащенный ЭБУ Микас-7.1 (рис. 3).

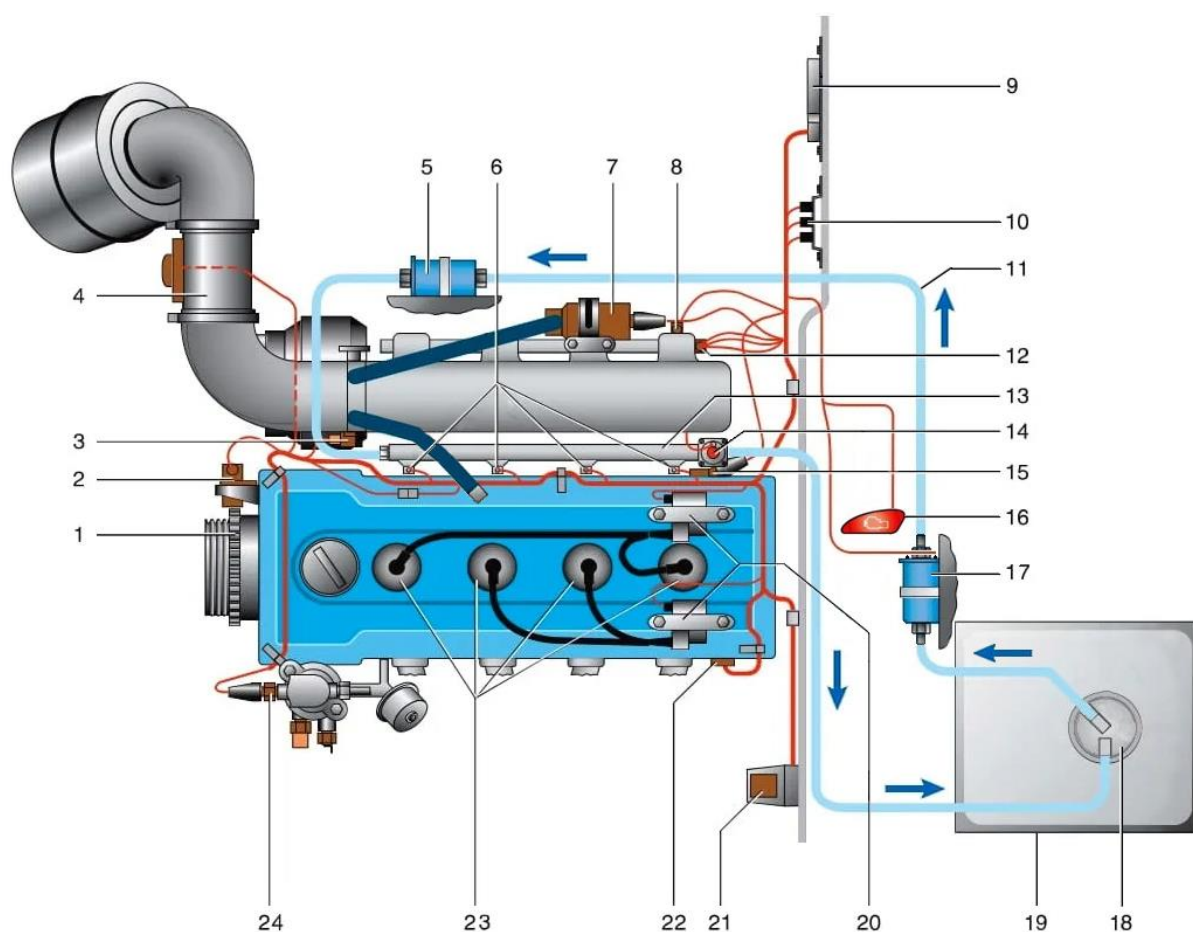


Рис. 3. Схема расположения компонентов ЭСУД ЗМЗ-406:

- 1 – шкив коленчатого вала (диск синхронизации); 2 – датчик положения коленчатого вала (датчик начала отчета или датчик синхронизации); 3 – датчик положения дроссельной заслонки; 4 – датчик массового расхода воздуха; 5 – фильтр тонкой очистки топлива; 6 – электромагнитные форсунки; 7 – регулятор добавочного воздуха (регулятор холостого хода); 8 – датчик температуры воздуха во впускном коллекторе; 9 – электронный блок управления двигателем; 10 – блок реле ЭСУД; 11 – топливопровод высокого давления; 12 – шпилька крепления впускного трубопровода, к которой крепятся наконечники «массовых» проводов ЭСУД; 13 – рампа (рейка) топливная электромагнитных форсунок; 14 – регулятор давления топлива; 15 – датчик детонации; 16 – сигнальная лампа системы управления двигателем, расположенная в комбинации приборов; 17 – топливный насос электрический (подвесной); 18 – топливозаборник и фильтр грубой очистки топлива; 19 – бак топливный; 20 – катушки зажигания высоковольтные; 21 – колодка диагностического разъема; 22 – датчик положения распределительного вала (датчик фазы); 23 – наконечники высоковольтных проводов и свечи зажигания; 24 – датчик температуры охлаждающей жидкости

Описание работы электронной системы управления двигателем ЗМЗ-406

В момент поворота ключа в замке зажигания в его второе положение – ign. (ignition – зажигание) подается силовое напряжение на включение электрического топливного насоса 17 (см. рис. 3) через соответствующее реле 10, вследствие чего осуществляется подача бензина из топливного бака 19 по топливопроводам 11 к рампе 13 с электромагнитными форсунками 6 с целью обеспечения требуемого давления топлива в подсистеме для последующего быстрого и стабильного запуска двигателя. Время включения бензонасоса в таком режиме ограничено программой в ЭБУ 9, и составляет от 2 до 4 сек. Далее, при повороте ключа в третье положение – start (запуск двигателя) включается стартер и одновременно бензонасос. В этом режиме осуществляется вращение коленчатого вала и начинает работать индуктивный датчик 2, сообщающий ЭБУ о положении коленчатого вала посредством синусоидального сигнала. Наличие сигнала с ДПКВ предусматривает непрерывное включение бензонасоса вплоть до момента пропадания сигнала, т.е. до момента остановки ДВС (задающего диска синхронизации 1) или наступления отказа ДПКВ, или обрыва электрической цепи связи с ЭБУ.

В топливном баке установлен датчик уровня топлива и топливозаборник 18, который совмещён с фильтром грубой очистки топлива. Топливо, проходя через фильтр грубой очистки, очищается от крупнодисперсных частиц и направляется по топливопроводам к фильтру тонкой очистки топлива 5, выполняющему мелкодисперсную фильтрацию. Для стабилизации заданного уровня рабочего давления топлива в рампе перед форсунками механический регулятор давления 14 излишки топлива направляет по сливной магистрали обратно в бак. Открытием клапанов электромагнитных форсунок управляют ЭБУ, который в соответствии с заложенной в него программой – «топливной картой» рассчитывает время

открытия форсунки от величины нагрузки ДВС и оборотов коленчатого вала. Топливо, пройдя по каналу форсунки, через распылитель под давлением впрыскивается в предклапанное пространство впускного коллектора, попадая на горячую тарелку впускного клапана, переходит из жидкого состояния в газообразное и, перемешиваясь с входящим воздухом, образует готовую топливно-воздушную смесь в заданной стехиометрической пропорции – на 1 кг топлива приходится 14,7 кг воздуха.

В момент пуска и последующее время работы силового агрегата так же как и ДПКВ активируется вспомогательный датчик положения распределительного вала 22, по сигналу которого, имеющего форму прямоугольных импульсов, ЭБУ дополнительно к информации о положении коленчатого вала ещё определяет точное положение поршня в каждом цилиндре, а, следовательно, определяет какой такт (впуск, сжатие, расширение – рабочий ход, выпуск) в каждом из цилиндров в данный момент времени реализуется. Такие данные ЭБУ необходимы для обеспечения фазированного впрыска топлива и организации эффективной работы системы зажигания с индивидуальными высоковольтными катушками. Фазированный впрыск реализует непосредственное управление каждой электромагнитной форсункой, которое предусматривает её открытие и впрыск топлива точно перед тактом впуска. При возникновении неисправности ДПРВ ЭБУ переходит в аварийный режим, который обеспечивает надежную работу ДВС за счет перехода электромагнитных форсунок в режим попарно-параллельного или одновременного впрыска топлива в зависимости от заложенной заводом-изготовителем в ЭБУ программы.

В процессе работы ДВС воздух поступает во впускную систему, проходя через воздушный фильтр и датчик массового расхода воздуха 4. По сигналу ДМРВ ЭБУ определяет массу поступившего в систему воздуха за единицу времени. В режиме холостого хода при закрытой дроссельной заслонке воздух направляется по отдельному

(байпасному) каналу к регулятору добавочного воздуха 7 и далее следует в ресивер впускного коллектора. В случае воздействия на педаль газа воздух проходит через открывающуюся дроссельную заслонку двигателя, на оси которой установлен датчик положения дроссельной заслонки 3, который сообщает ЭБУ о степени открытия дроссельной заслонки. Также на корпусе ресивера установлен датчик температуры воздуха 8, который вносит дополнительную к имеющемуся основному датчику температуры охлаждающей жидкости 24 корректировку в расчёт топливоподачи. Воздух, попадая в цилиндры двигателя, окончательно перемешивается с парами бензина, образуя готовую топливно-воздушная смесь.

Заполнив цилиндры двигателя топливно-воздушной смесью, ЭБУ посылает электрический сигнал на две двухвыводные катушки зажигания 20, в которых происходит преобразование низкого напряжения в высокое. По высоковольтным проводам через их наконечники, расположенные в свечных колодцах головки блока двигателя, высокое напряжение передаётся к свечам зажигания 23 для воспламенения сжатой к этому моменту в цилиндре топливно-воздушной смеси. У данного типа высоковольтных катушек искрообразование осуществляется одновременно с двух выводов, а искровой разряд имеет разный потенциал – положительный и отрицательный, соответственно. Причем в определенном цилиндре в момент такта сжатия приходящаяся на его свечу искра с одного вывода катушки является рабочей – воспламеняющей топливно-воздушную смесь, а в цилиндре с синхронно двигающимся поршнем выполняется такт выпуска и, возникающая на свече искра, является холостой, не приносящая вред работе ДВС. В следующий оборот коленчатого вала функциональное назначение искры меняется, но потенциал (полярность искры) остается неизменным.

Возникающие во время работы двигателя вибрации (шум) на стенках блока цилиндров улавливает чувствительный датчик детонации 22, который посылает слабый электрический сигнал

ЭБУ, на основе которого программа корректирует угол опережения зажигания для устранения возникновения возможной детонации в цилиндрах двигателя.

Описание работы электронного блока управления Микас-7.1

Помимо функции расчета расхода топлива на различных режимах ЭБУ осуществляет контроль работоспособности следующих основных режимов работы двигателя – запуск, прогрев, холостой ход, разгон, торможение двигателем, а также проводит мониторинг исправности компонентов системы.

Информация, поступающая с аналоговых датчиков (рис. 4) в центральный процессор для последовательного анализа, подлежит специальной обработке с целью преобразования аналогового сигнала в последовательность прямоугольных (цифровых) импульсов понятных процессору. Для этого сигналы аналоговых датчиков преобразуются в цифровой вид с помощью АЦП. Поступившие сигналы с цифровых датчиков также нуждаются в дополнительной обработке и преобразовании, поскольку их форма и уровень амплитуды отличаются от требуемого стандарта цифрового сигнала для правильной работы центрального процессора. Поэтому импульсы, генерируемые датчиками, проходят через систему обработки входных сигналов, где приводятся к виду прямоугольных импульсов.

Сигнал с датчика детонации проходит индивидуальную обработку и поступает на специальный контроллер. После чего обработанный цифровой сигнал датчика детонации подается на центральный процессор, который получив эти данные, а также проанализировав показания датчиков положения коленчатого и распределительного валов, определяет цилиндр, в котором происходит детонация. Затем процессор производит изменение времени открытия форсунок в конкретных цилиндрах или увеличивает угол опережения зажигания.

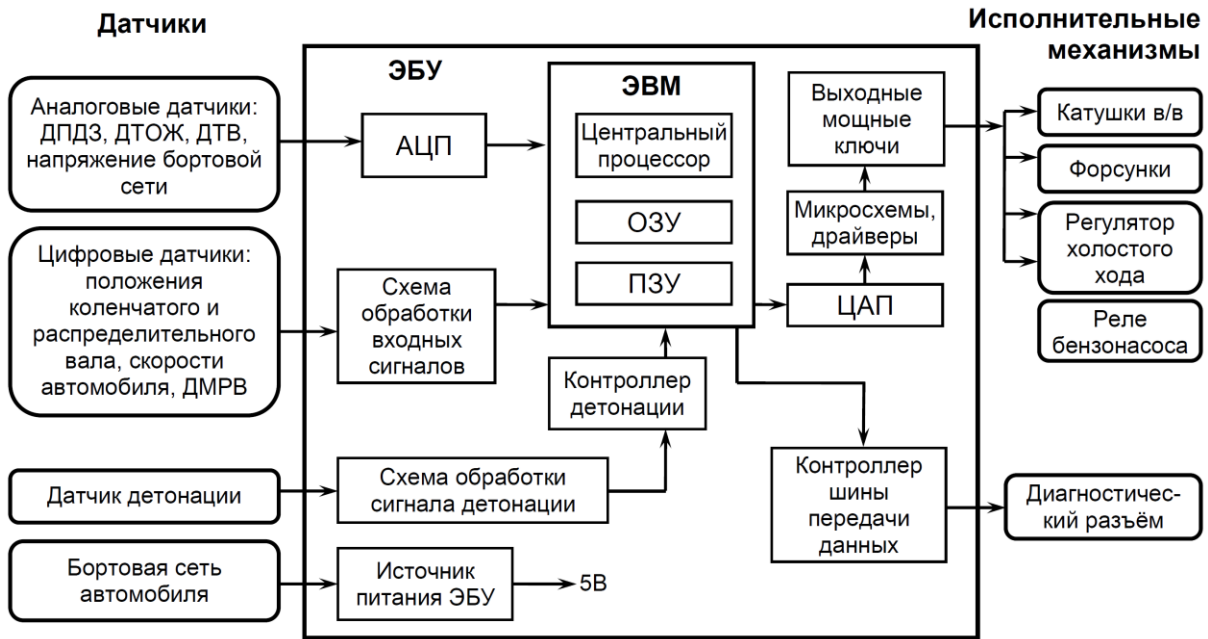


Рис. 4. Структурная схема функционирования электронного блока Микас-7.1 для управления двигателем ЗМЗ-406

Структурная схема центральной ЭВМ стандартна для подобных устройств. Она состоит из:

- центрального процессора;
- оперативного запоминающего устройства (ОЗУ или RAM), в котором содержится информация, необходимая для временного хранения информации в рамках текущей работы двигателя;
- постоянного запоминающего устройства (ПЗУ или ROM), в котором содержится общая программа управления (алгоритмы) и исходная (базовая) информация. Такое устройство является энергонезависимым. Эта информация представляет собой данные по продолжительности впрыска топлива форсунками, времени наполнения энергии в катушках зажигания и углу опережения зажигания при определенных режимах работы ДВС. Содержимое ПЗУ не может быть изменено после программирования. Эта память не нуждается в электропитании для сохранения в ней информации, т.е. не стирается при отключении аккумуляторной батареи от бортовой сети автомобиля;

– электрически перезаписываемое энергонезависимое запоминающее устройство (ЭПЗУ или EEPROM) – память, в которую на заводе-изготовителе или станции технического обслуживания записывается информация паспортного характера, а также информация о параметрах начальной настройки системы. Эта память не требует питания для хранения в ней информации.

Обработывая показания датчиков и сравнивая их значения с данными, хранящимися в ОЗУ и ПЗУ, процессор осуществляет необходимую коррекцию работы систем двигателя. Воздействовать непосредственно на исполнительные механизмы центральный контроллер не может, поскольку токи переключателей достаточно велики и могут вывести из строя микросхему, поэтому используется система обработки выходных сигналов. Она состоит из ЦАП, предназначенного для перевода цифровых сигналов центральной ЭВМ в сигналы, пригодные для работы микросхем-драйверов. Эти микросхемы в соответствии с полученной информацией воздействуют на мощные электронные транзисторные ключи, которые и запускают исполнительные внешние устройства.

Датчики в ЭСУД Микас-7.1 на ДВС 3М3-406

Датчик температуры охлаждающей жидкости представляет собой терморезистор, установленный в системе охлаждения двигателя. Терморезистор считывает температуру охлаждающей жидкости и обратно пропорционально меняет внутреннее сопротивление датчика (чем выше температура двигателя, тем ниже значение сопротивления). По сигналу датчика ЭБУ определяет температуру двигателя и рассчитывает момент и продолжительность впрыска топлива, а также дополнительно корректирует угол опережения зажигания.

Датчик температуры воздуха так же представляет собой терморезистор, установленный в корпус впускного коллектора. Принцип работы аналогичен ДТОЖ. По сигналу ДТВ электронный

блок определяет температуру входящего в ДВС воздуха, влияющую на плотность воздуха и, следовательно, его массу, а также рассчитывает и корректирует момент и продолжительность подачи топлива в цилиндры двигателя.

Датчик положения коленчатого вала индуктивного типа; установлен на кронштейне крышки масляного насоса напротив задающего диска. При прохождении задающего диска мимо датчика формируется импульс. По сигналу датчика ЭБУ определяет угловое положение и частоту вращения коленчатого вала и, на основе полученных данных, рассчитывает момент и продолжительность впрыска топлива в цилиндры ДВС и угла опережения зажигания.

Датчик положения распределительного вала установлен в головке цилиндров. Принцип работы основан на эффекте Холла. При прохождении датчика мимо закреплённой пластины на заднем торце кулачкового вала выпускных клапанов формируется импульс. По сигналу датчика процессор ЭБУ определяет место нахождения поршня каждого цилиндра в процессе его работы. Получаемая информация помогает точно рассчитать момент оптимального искрообразования и впрыска топлива в каждый цилиндр двигателя.

Датчик положения дроссельной заслонки представляет собой потенциометр, установленный на торце оси дроссельной заслонки. Работа датчика напрямую связана с положением педали акселератора, из-за перемещения которой дроссельная заслонка меняет угол своего открытия. Зафиксированное значение угла открытия формирует уровень сигнала датчика, по величине которого процессор определяет положение дроссельной заслонки и корректирует продолжительность впрыска топлива и угол опережения зажигания.

Датчик детонации представляет собой преобразователь механических колебаний ДВС в электрический сигнал, основой которого является чувствительный кристалл с пьезоэлектрическими свойствами, который установлен на блоке двигателя рядом с 4-м

цилиндром. Принцип работы связан с восприятием вибрационных воздействий, исходящих от работы цилиндров, преобразованием в соответствующий импульс. По сигналу датчика ЭБУ определяет наличие детонации и корректирует угол опережения зажигания.

Датчик массового расхода воздуха представляет собой терморезистор, установленный на воздушном патрубке впускной системы между корпусом воздушного фильтра и корпусом дроссельной заслонки. Принцип работы основан на преобразовании затраченного напряжения для поддержания температурного значения нагретой нити в датчике, воспринимающей (охлаждающей) поток воздуха, в соответствующий электрический сигнал. По сигналу датчика ЭБУ определяет массу поступающего воздуха в цилиндры двигателя и рассчитывает длительность впрыска топлива.

Датчик скорости автомобиля установлен на коробке передач. Принцип действия датчика основан на эффекте Холла. Датчик выдает на электронный блок управления прямоугольные импульсы напряжения с частотой, пропорциональной скорости вращения ведущих колес.

Исполнительные механизмы в ЭСУД Микас-7.1 на ДВС ЗМЗ-406

Регулятор холостого хода представляет собой клапан с электроприводом который установлен на ресивере впускного коллектора. Принцип работы основан на дозировании воздуха во впускной коллектор с помощью двухфазного двигателя в обход дроссельной заслонки на режимах работы двигателя: пуск, прогрев, холостой ход, торможение двигателем.

Катушки зажигания представляют собой трансформатор, который установлен на клапанной крышке в задней её части. На данном двигателе используется две двухвыводные катушки. Принцип работы высоковольтной катушки основан на получении тока высокого напряжения со вторичной обмотки катушки зажигания и передачи его

через провода высокого напряжения одновременно на пару свечей зажигания, образующие искровые разряды для надежного воспламенения ТВС в цилиндрах двигателя.

Электромагнитная форсунка представляет собой высокоточное механическое устройство; установлена во впускной трубе. Принцип работы основан на дозировании топлива в цилиндр двигателя (на тарелку впускного клапана) за счёт поднятия иглы, открывающей отверстие распылителя, куда попадает топливо, распыляясь посредством высокого давления.

Регулятор давления топлива представляет собой механическое устройство в виде подпружиненного клапанного механизма с дополнительной диафрагмой, управляемой от внешнего разряжения. Регулятор установлен на торце топливной рейки. Основная задача регулятора давления топлива заключается в обеспечении постоянного рабочего давления на входе в электромагнитные форсунки. Принцип работы регулятора основан на сбросе избыточного количества топлива через подпружиненный клапан и топливопровод сливной магистрали обратно в топливный бак. Дополнительная регулировка давления топлива осуществляется с учетом имеющегося разряжения в ресивере впускного коллектора, которое имеет четкую корреляцию с нагрузкой двигателя.

Для детального понимания расположения описанных выше датчиков ЭСУД смотрите рисунки 5 – 8. Для подробного изучения конструкции и назначения датчиков смотрите приложение 1.

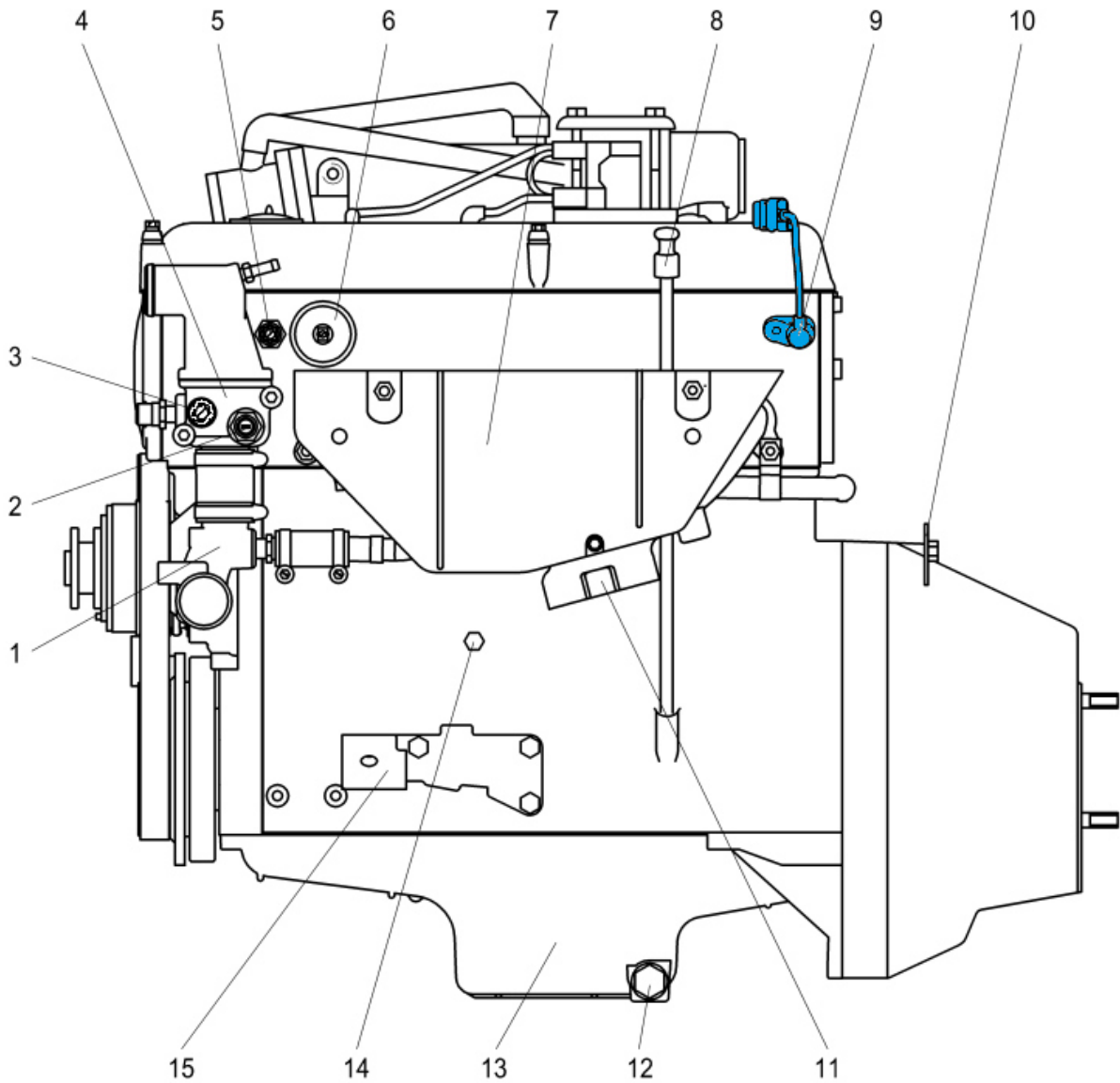


Рис. 5. Вид двигателя справа:

1 – корпус водяного насоса; 2 – датчик сигнализатора перегрева охлаждающей жидкости; 3 – датчик температуры (указателя охлаждающей жидкости); 4 – корпус термостата; 5 – датчик аварийного давления масла; 6 – датчик указателя давления масла; 7 – экран теплоизоляционный; 8 – щуп указателя уровня масла; 9 – датчик фазы; 10 – кронштейн двигателя; 11 – выпускной коллектор; 12 – пробка слива моторного масла; 13 – картер масляный; 14 – пробка слива охлаждающей жидкости; 15 – опора двигателя

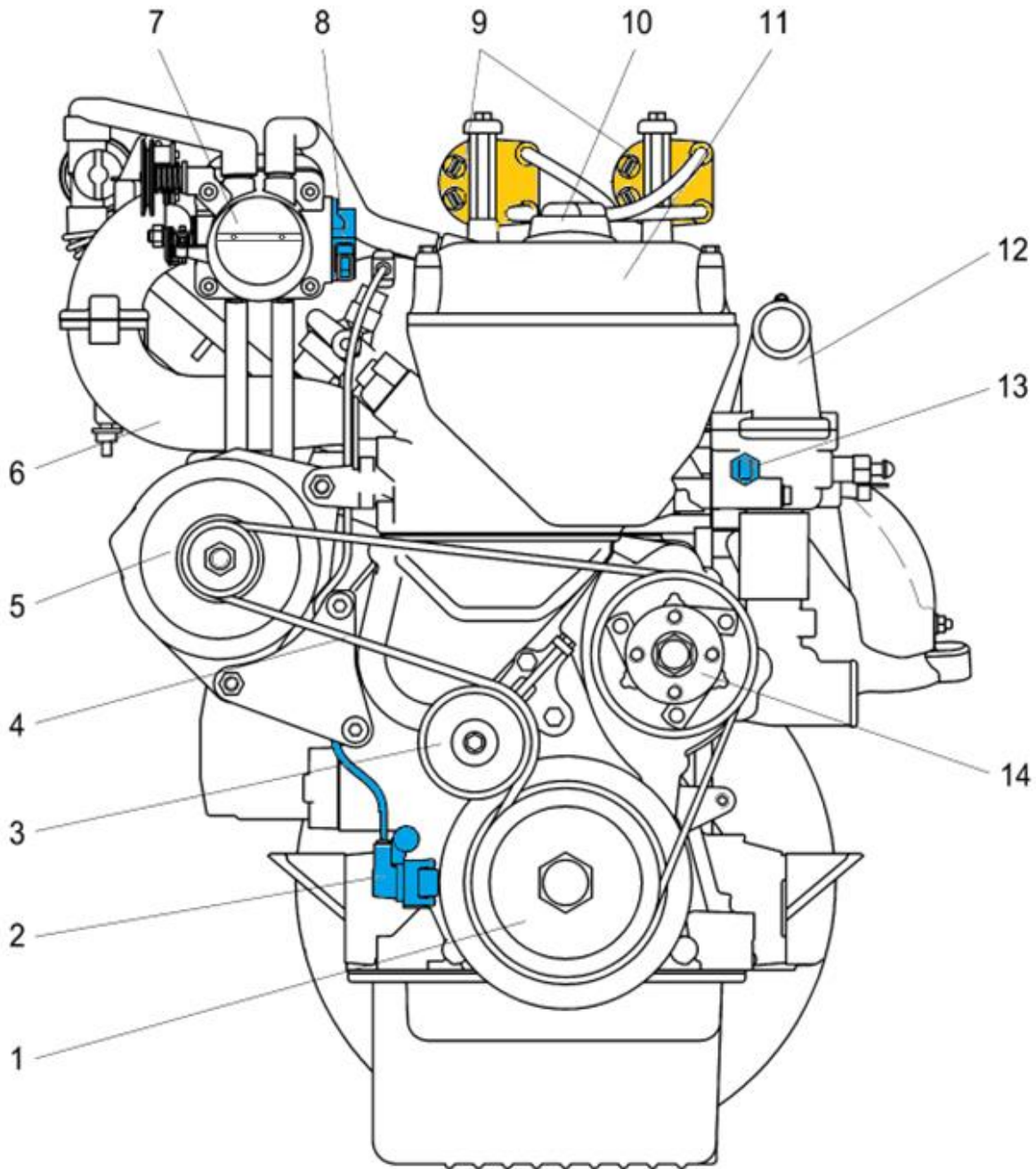


Рис. 6. Вид двигателя спереди:

- 1 – шкив коленчатого вала с демпфером крутильных колебаний; 2 – датчик положения коленчатого вала (датчик синхронизации); 3 – натяжной ролик приводного ремня; 4 – ремень привода вспомогательных агрегатов (генератор и водяной насос); 5 – генератор; 6 – впускной коллектор; 7 – дроссельная заслонка; 8 – датчик положения дроссельной заслонки; 9 – катушки зажигания; 10 – крышка маслоналивная; 11 – крышка газораспределительного механизма; 12 – крышка корпуса термостата; 13 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 14 – ступица вентилятора и привод водяного насоса

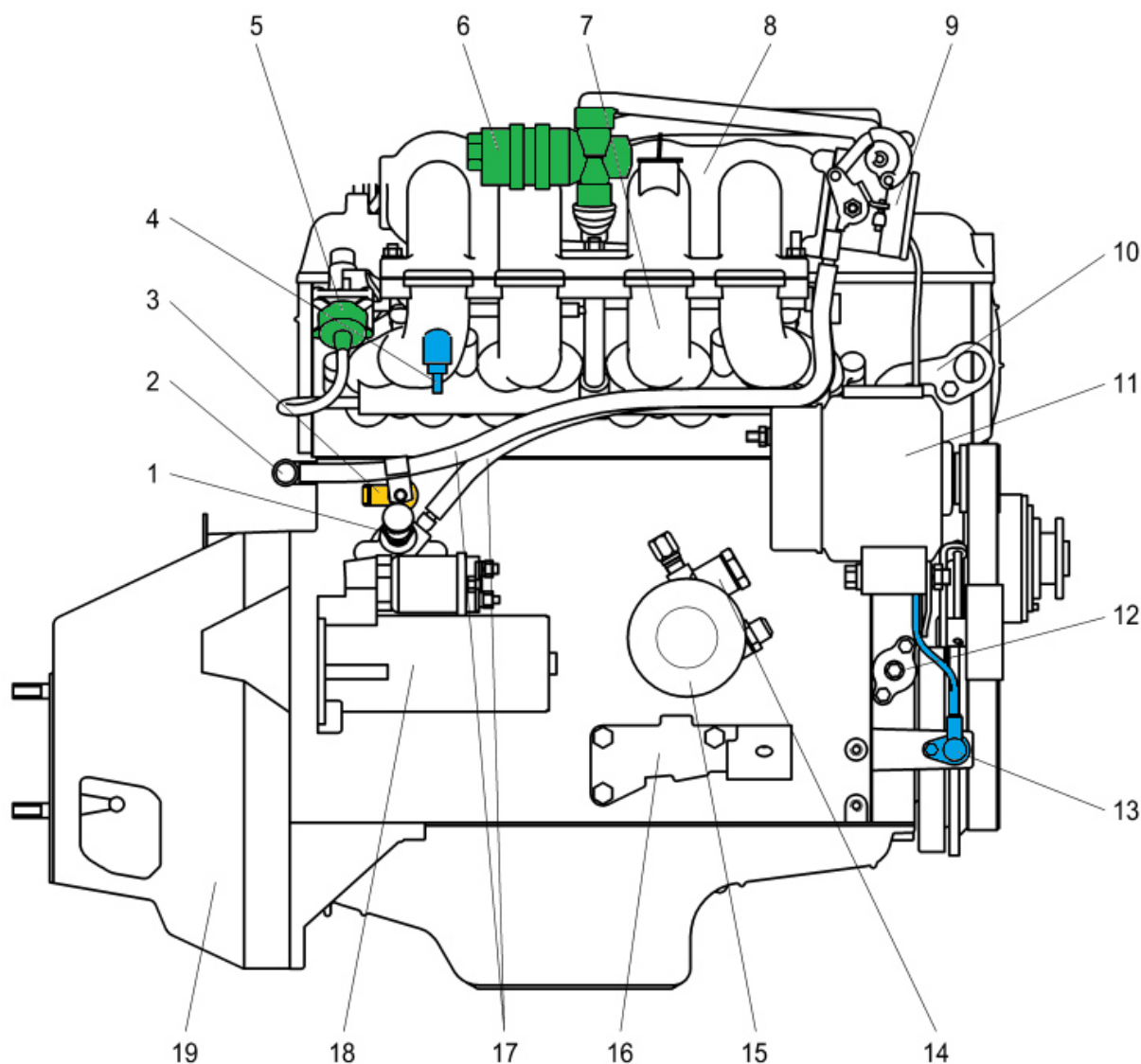


Рис. 7. Вид двигателя слева:

- 1 – патрубок отвода охлаждающей жидкости к отопителю салона;
 2 – патрубок возврата охлаждающей жидкости от отопителя салона;
 3 – датчик детонации; 4 – датчик температуры воздуха; 5 – регулятор давления топлива; 6 – регулятор добавочного воздуха (холостого хода);
 7 – труба впускного коллектора; 8 – ресивер впускного коллектора;
 9 – корпус дроссельной заслонки; 10 – кронштейн передний подъема двигателя; 11 – генератор; 12 – крышка нижнего гидронатяжителя нижней цепи ГРМ; 13 – датчик положения коленчатого вала (датчик синхронизации);
 14 – термоклапан; 15 – фильтр масляный; 16 – кронштейн правой передней опоры двигателя; 17 – шланг подогрева корпуса дроссельной заслонки;
 18 – стартер; 19 – картер сцепления

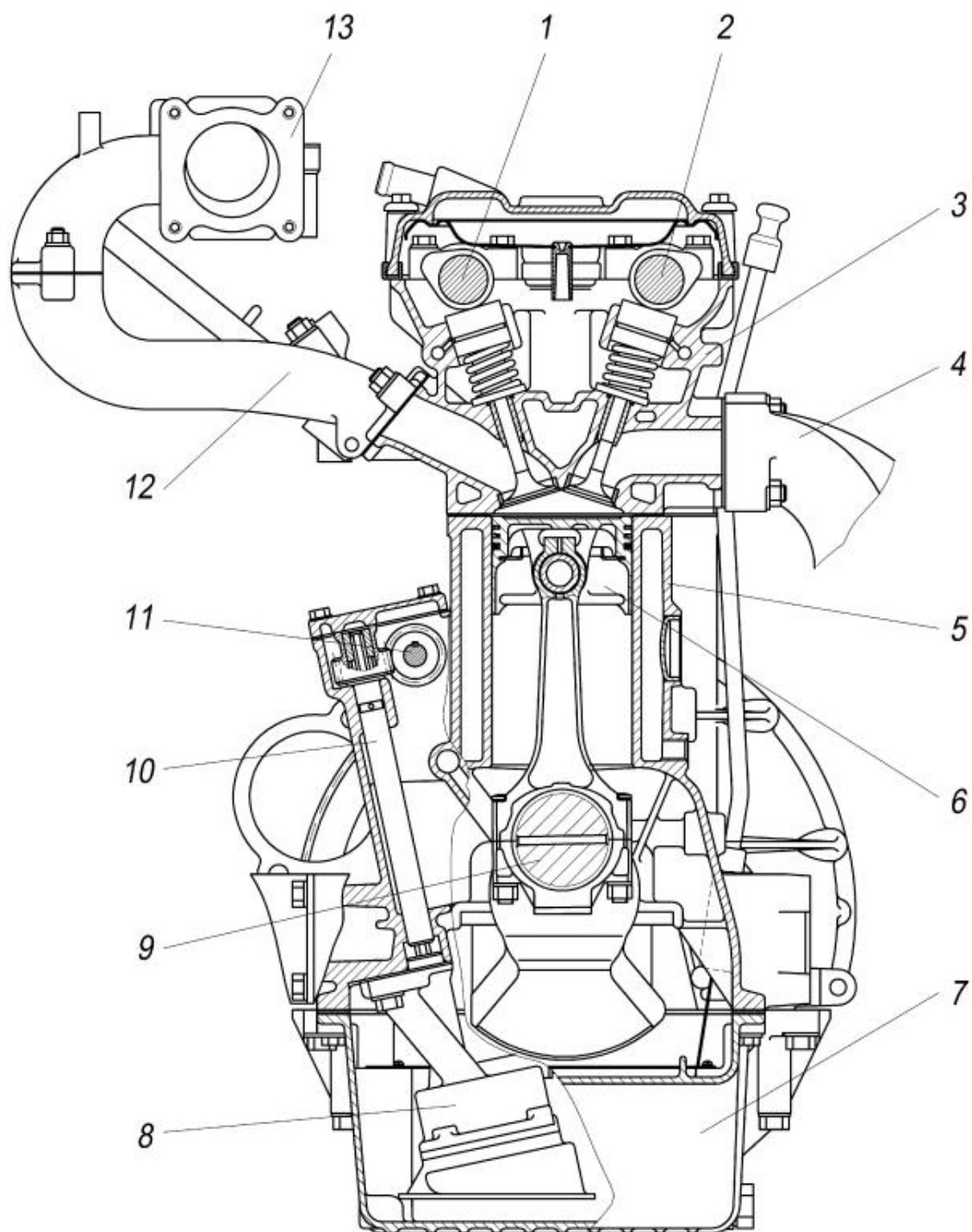


Рис. 8. Поперечный разрез двигателя:

1 – вал распределительный впускных клапанов; 2 – вал распределительный выпускных клапанов; 3 – головка цилиндров; 4 – выпускной коллектор; 5 – блок цилиндров; 6 – поршень; 7 – масляный картер; 8 – масляный насос с маслозаборником; 9 – коленчатый вал; 10 – вал привода масляного насоса с шестерней; 11 – промежуточный вал; 12 – труба впускного коллектора; 13 – ресивер впускного коллектора

Теоретические основы диагностирования ЭСУД

Двигатель, как и автомобиль в целом, является сложным конструктивным и техническим изделием, состоящим из множества систем, узлов и деталей. В процессе эксплуатации значения параметров технического состояния объектов диагностирования меняются в худшую сторону, что приводит к увеличению материальных и трудовых затрат на восстановление их исправного состояния.

За счёт конструктивной особенности двигателя работа всех его элементов обусловлена постоянным взаимодействием друг с другом, т.е. неисправность или отказ одного элемента, как правило, влечёт за собой серьезные отклонения в работе всей системы, узла или агрегата, приводящие к их неисправностям или отказам. Наличие навыков распознавать признаки и характер проявления неисправностей в системе управления двигателем, применять на практике методы, средства и алгоритмы диагностирования позволяют существенно повысить качество процедуры оценки технического состояния ЭСУД современных ДВС.

Методы диагностирования двигателей подразделяются на две группы: субъективные и объективные. Последние упрощенно делятся на инструментальные и компьютерные. Каждый метод по-своему уникален и его применение зависит от конкретных условий.

Субъективный (органолептический) метод основан на использовании органов чувств человека – зрение, обоняние, осязание, слух, вкус. Метод применяется интуитивно человеком, к примеру, при прослушивании равномерности работы двигателя и присутствия посторонних нештатных звуков. Такой метод обладает низкой трудоемкостью из-за отсутствия затрат на приобретение специального диагностического оборудования, но требователен к высокой квалификации исполнителя. Такой метод неприменим для

оценки технического состояния системы при отсутствии внешних проявлений неисправности или отказа объекта диагностирования.

Инструментальный метод диагностирования основан на применении специализированного оборудования, которое может быть как стационарным (стенды), так и портативным (тестеры). Инструментально оценка производится: механически – геометрия изделия, люфт, зазор, свободный ход, соосность; электрически – величина входного и выходного напряжения электронного устройства или коммутирующего элемента, сопротивление электромагнитной обмотки или электрической цепи; колебательно – звук, вибрации; термически – температура, скорость нагрева-остывания; химически – содержание токсичных элементов, состав смеси; физически – герметичность, давление, пропускная способность и т.п.

Оценка технического состояния производится путём непосредственного определения исправного состояния системы, узла, детали. Такой метод позволяет дать точную оценку объекта диагностирования, но при этом есть необходимость приобретения специального измерительного оборудования, при этом повышается трудоемкость выполнения работ, а также востребованность в квалифицированных кадрах.

Компьютерный метод диагностирования осуществляется на современных транспортных средствах с бортовыми компьютерными системами, в конструкцию которых штатно интегрированы функции бортовой диагностики OBD. Подключив специальное устройство – сканер к диагностическому разъему – DLC, специалист может считать накопившиеся в памяти ЭБУ коды неисправностей, удалить их, просмотреть текущие значения диагностических параметров контролируемой системы и дать объективную оценку о состоянии системы в целом. Этот метод менее трудоёмок в сравнении с предыдущим, но также требует присутствия высококвалифицированных специалистов.

Оценка технического состояния ЗМЗ-406

Двигатель ЗМЗ-406 оснащён ЭСУД Микас-7.1 с ЭБУ, который самостоятельно анализирует работу системы и выполняет поиск неисправностей. Считывая диагностические параметры, он проводит оценку текущей работы системы, сравнивая полученные данные с нормативными. При достижении предельных значений ЭБУ фиксирует неисправность в памяти и включает соответствующую лампу на панели приборов.

Считывание кодов неисправностей (ошибок) осуществляется сканером (см. приложение 6) с помощью подключения к специальному диагностическому разъёму. Данный разъём посредством коммутации через колодку ЭБУ (приложение 4) передаёт данные на сканер. Сохранившиеся ошибки после проведения восстановительных работ рекомендуется удалять. Текущие (реальные) ошибки в памяти ЭБУ приводят к изменению в работе ДВС для обеспечения его надежного функционирования.

При устранении видимого дефекта и удалении кодов его неисправностей ДВС может оставаться в неисправном состоянии из-за наличия скрытого дефекта, не имеющего явного проявления. В этом случае требуется специальная диагностика, которая предусматривает контроль параметров всех элементов ЭСУД. Такая работа требует не только дополнительного оборудования, но и особого анализа характера проявления имеющихся неисправностей, а также знания алгоритма аварийной работы ЭБУ в случаях выявления им неисправностей тех или иных компонентов ЭСУД.

Из руководства по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту ПАО «ЗМЗ» представлены некоторые неисправности двигателя ЗМЗ-406 (приложение 5). На рисунках 9 и 10 представлены электрическая и топливная схемы ЭСУД Микас-7.1 с внедренной панелью управления для моделирования технического состояния электронных компонентов системы на лабораторной установке.

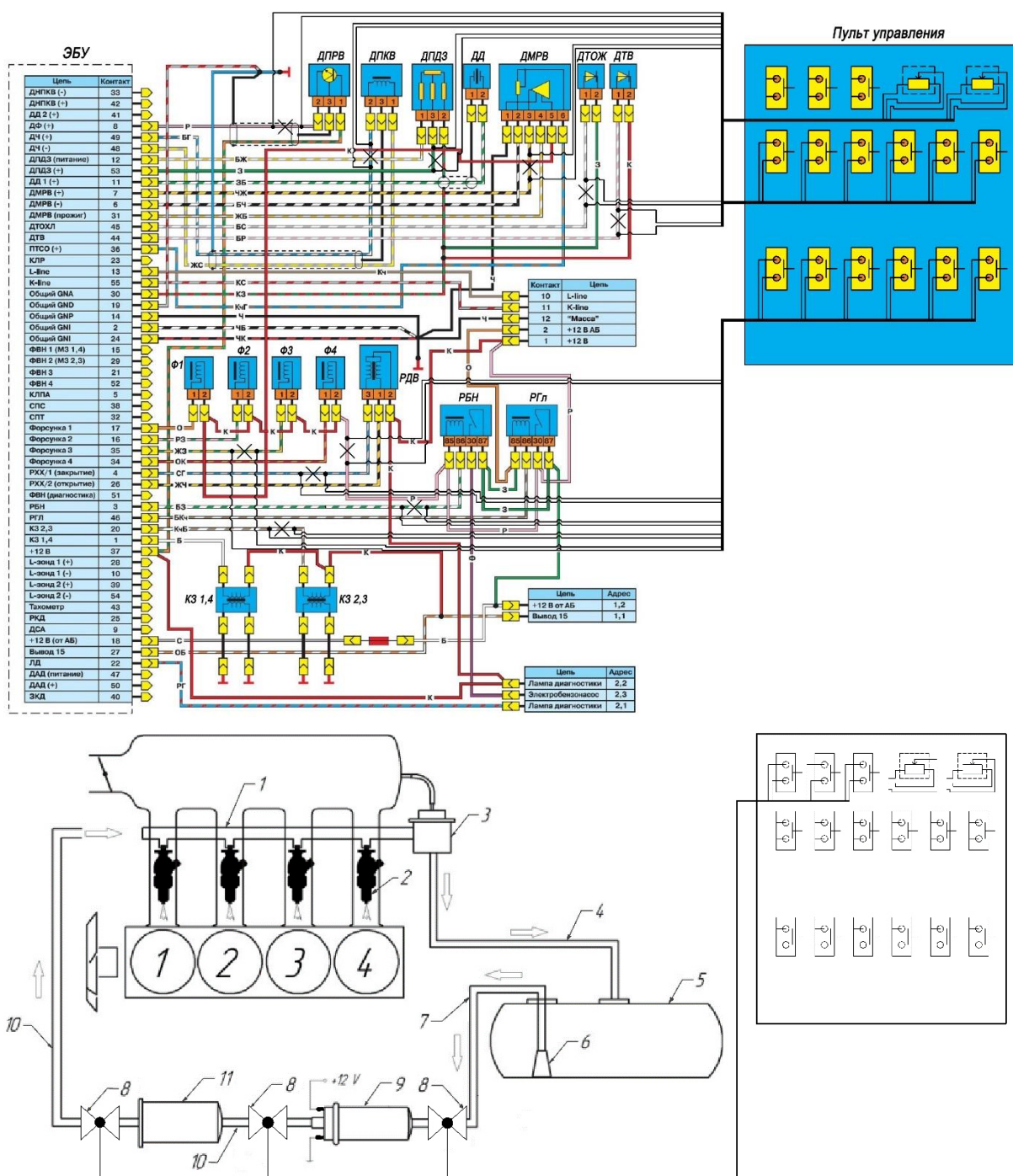


Рис. 9. Принципиальная схема ЭСУД Микас-7.1 и общая схема её топливной подсистемы с пультом моделирования отказов и неисправностей:

- 1 – топливная рампа; 2 – электромагнитные форсунки; 3 – регулятор давления топлива; 4 – топливопровод отвода топлива в бак; 5 – топливный бак; 6 – топливный фильтр грубой очистки; 7 – топливопровод низкого давления; 8 – электромагнитные клапаны управления подачи топлива; 9 – электробензонасос; 10 – топливопровод высокого давления; 11 – фильтр тонкой очистки топлива

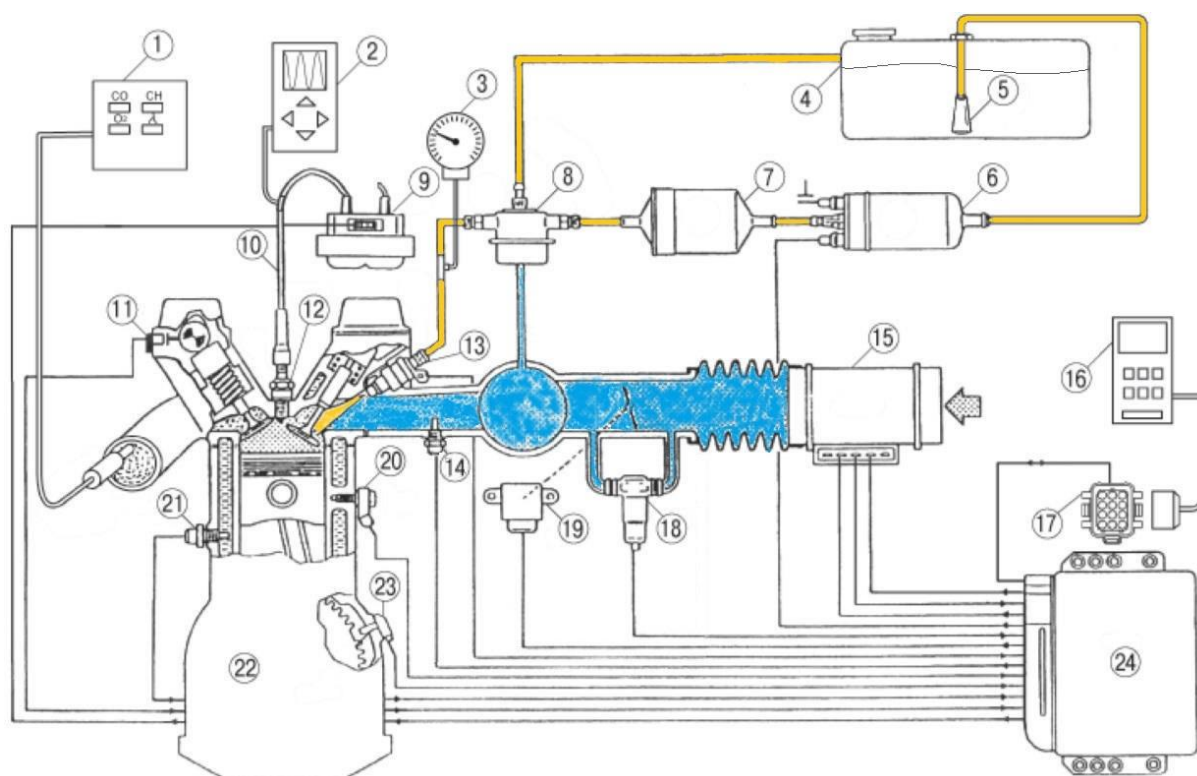


Рис. 10. Общая схема ЭСУД Микас-7.1 на ЗМЗ-406 и подключенным диагностическим оборудованием:

- 1 – газоанализатор; 2 – мотор-тестер; 3 – манометр; 4 – бак топливный;
 5 – фильтр грубой очистки топлива; 6 – электронасос топливный;
 7 – фильтр тонкой очистки топлива; 8 – регулятор давления топлива;
 9 – катушка зажигания; 10 – провод высоковольтный; 11 – датчик положения распределительного вала; 12 – свеча зажигания; 13 – форсунка; 14 – датчик температуры воздуха во впускном коллекторе; 15 – датчик массового расхода воздуха; 16 – сканер ДСТ-2М; 17 – разъем диагностический;
 18 – регулятор добавочного воздуха; 19 – датчик положения дроссельной заслонки; 20 – датчик детонации; 21 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 22 – двигатель; 23 датчик положения коленчатого вала;
 24 – электронный блок управления двигателем

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Общий алгоритм практического выполнения представленной лабораторной работы в очном формате на базе ЛТО предусматривает в течение 4 академических часов следующую последовательность действий:

1. Учащиеся, заочно ознакомившиеся с «Общими сведениями» в учебно-методическом пособии на сайте преподавателя, на данном этапе лабораторной работы распределяются на две подгруппы и получают индивидуальное задание на диагностирование трёх компонентов ЭСУД, наименование которых студенты вписывают в первую таблицу бланка отчета. Если студенты работают по старой методике обучения без предварительной подготовки, то перед началом выполнения практической части лабораторной работы необходимо ознакомиться с «Общими сведениями» и основными положениями учебно-методического пособия в течение 30 – 40 минут, а затем также распределяются на подгруппы и получают индивидуальное задание, данные которого вписывают в бланк-отчет.

2. На следующем этапе выполнения лабораторной работы студенты одной подгруппы с лицевой стороны бланка-отчета на специальном поле зарисовывают фрагменты схем подключения заданных компонентов, опираясь на данные рисунка 9 и приложения 1. В таблицу 1 бланка-отчета студенты вписывают нормативные значения диагностических параметров на различных режимах работы ДВС, используя информационные ресурсы, имеющиеся в приложениях данного учебно-методического пособия, а также другие доступные на учебных занятиях справочные источники.

3. В то же время вторая группа студентов в сопровождении учебного мастера приступает к поиску последовательно моделируемых неисправностей в ЭСУД, которые вводятся учебным мастером посредством переключения режима работы соответствующего выключателя на панели управления лабораторным стендом с двигателем ЗМЗ-406 и электронной системой управления Микас-7.1. После проведения полноценной процедуры диагностирования вводимых неисправностей на стенде с использованием необходимого перечня диагностического оборудования, записи в таблицу 2 бланка отчета получаемых данных и последующего устранения причин их возникновения группа студентов, используя сканер, определяет

фактические параметры электронных компонентов ЭСУД для таблицы 1, заданных в начале занятия на первом этапе лабораторной работы.

4. Третий этап работы заключается в перекрестной смене деятельности двух учебных подгрупп и выполнении той части работы, которую уже выполнили студенты из противоположной подгруппы.

Студенты каждой подгруппы, выполнившие весь комплекс диагностических воздействий и получившие значения диагностических параметров заданных компонентов для первой и второй таблицы бланка отчета, приступают к анализу и оценке технического состояния заданных компонентов. В процессе обсуждения определяют эффективные методы диагностирования состояния ЭСУД и оптимальный набор диагностического оборудования, необходимых для скорейшего поиска и устранения возникших в эксплуатации неисправностей.

6. На заключительном этапе выполнения лабораторной работы студенты всех подгрупп, успешно завершившие предыдущий этап, формируют общие заключения по двум ключевым этапам работы на основе полученных данных, отраженные в таблицах 1 и 2 бланка отчета, и проведенного ими обсуждения в формате ситуационного анализа и дискуссии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Расшифруйте и переведите на русский язык популярные английские аббревиатуры автомобильных терминов.
2. Сформулируйте алгоритм проведения диагностических воздействий с помощью портативного сканера ДСТ-2М.
3. Какие основные режимы диагностирования используются при сканировании и выявлении кодов неисправностей.
4. Перечислите условия проведения измерений при выявлении кодов неисправностей ЭСУД.

5. Назовите условия проверки основных датчиков и исполнительных механизмов подсистемы впрыска автомобилей, оснащенных ЭСУД.
4. Какие основные методы диагностики ЭСУД вы знаете?
5. Назовите основные элементы ЭСУД Микас-7.1.
6. Назовите основное диагностическое оборудование для проведения контроля технического состояния ЭСУД.
7. Какие режимы проверки топливной подсистемы ЭСУД используются при ее диагностировании?
8. Назовите нормативные параметры заданных компонентов ЭСУД.

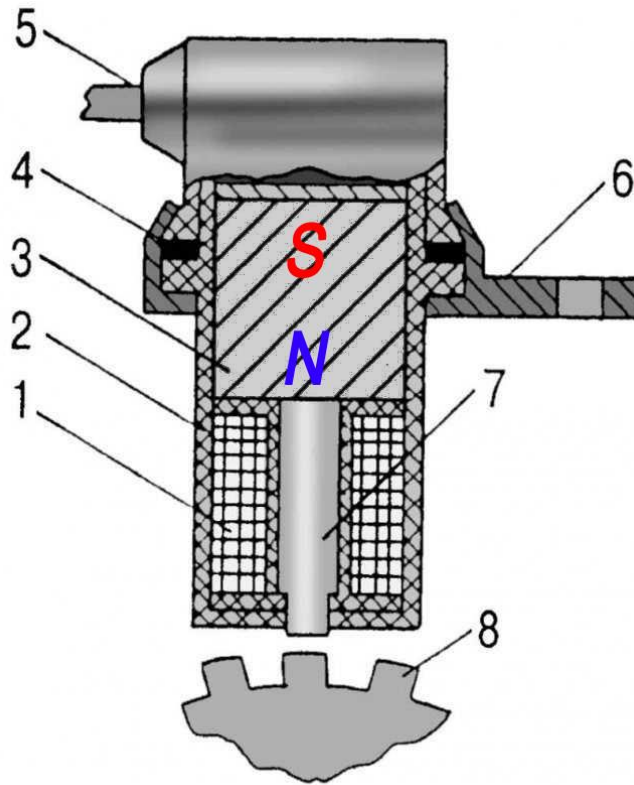
ПРИЛОЖЕНИЕ 1**Конструктивные особенности и функциональное назначение датчиков ЭСУД ЗМЗ-406**

Датчик положения коленчатого вала или датчик синхронизации предназначен для определения блоком управления углового положения и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Формирование электрического сигнала датчика происходит за счёт индукции, образующейся при взаимодействии магнитного поля датчика с зубчатым диском (диск синхронизации). ЭБУ по обработанным сигналам определяет момент подачи искры зажигания и топлива.



Датчик положения коленчатого вала

Датчик расположен на крышке нижней цепи, вблизи шкива коленчатого вала, а задающий зубчатый диск – на шкиве коленчатого вала. Тип датчика – индукционный, функционирует от 20 до 7000 оборотов в минуту; зазор между сердечником датчика и поверхностью зуба диска – от 0,1 до 1,5 мм; сопротивление обмотки магнитопровода – $850 \div 900$ Ом. Конструкция датчика представлена на рисунке ниже.



Конструкция ДПКВ:

1 – обмотка датчика; 2 – корпус; 3 – магнит; 4 – уплотнитель; 5 – провод; 6 – кронштейн крепления; 7 – магнитопровод; 8 – диск синхронизации

В случае отказа ДПКВ возможность зажигания двигателя затруднительная или отсутствует, поскольку ЭБУ воспринимает отказ за прекращение вращения коленчатого вала и принудительно отключает подсистемы зажигания и питания, при этом контрольная лампа Check Engine активна, т.к. ДВС останавливается и остаётся в режиме включенного зажигания, а в этом режиме лампа Check Engine горит постоянно.

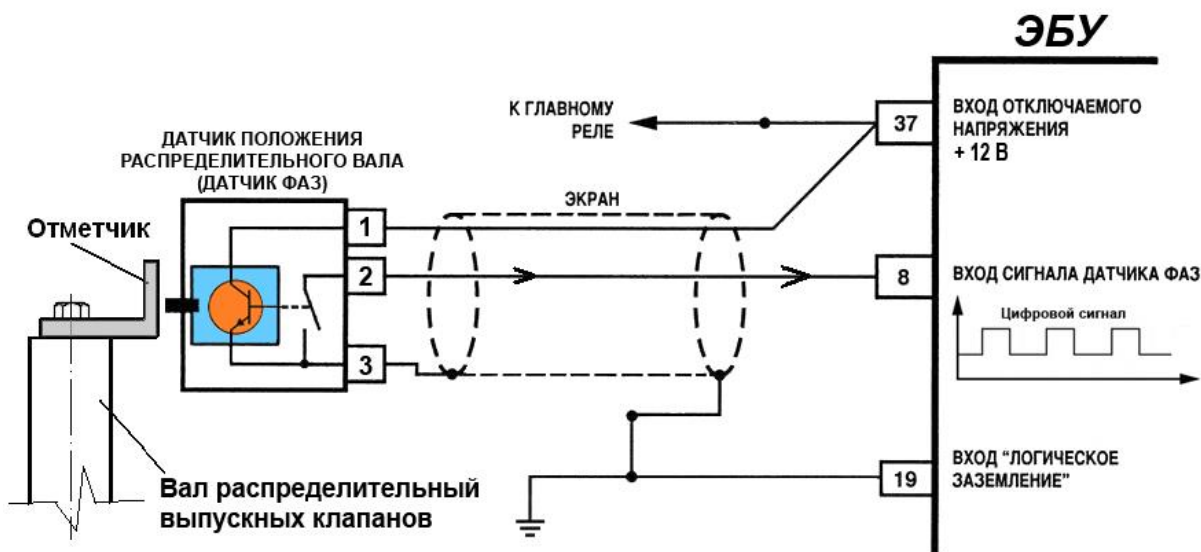
В случае возникновения неисправности ДПКВ появляется подёргивание двигателя, самопроизвольное его отключение на прогревом двигателе, увеличение расхода топлива.

Датчик положения распределительного вала или датчик фазы предназначен для определения блоком управления верхней мертвой точки такта сжатия первого и последующих цилиндров двигателя.



Внешний вид датчика положения распределительного вала (датчик фаз)

Формирование электрического сигнала от ДПРВ происходит за счёт взаимодействия магнитного поля датчика с Г-образной металлической пластиной (отметчиком) распределительного вала, т.е. электронное устройство ДПРВ, работающее на основе эффекта Холла, формирует цифровой сигнал в виде прямоугольных импульсов.



Принципиальная схема работы ДПРВ

ЭБУ по обработанному сигналу обеспечивает фазированную подачу топлива в цилиндры перед тактом впуска. Датчик расположен на корпусе головки блока цилиндров в области четвертого цилиндра, а реперная пластина – на заднем торце распределительного вала выпускных клапанов. Для эффективной работы датчика обороты распределительного вала должны находиться в диапазоне от 10 до 3500 оборотов в минуту, а оптимальный зазор между магнитным торцом датчика и поверхностью пластины – от 0,1 до 1,9 мм. Вид ДПРВ с колодкой проводов и схема его проверки представлена на рисунке ниже.

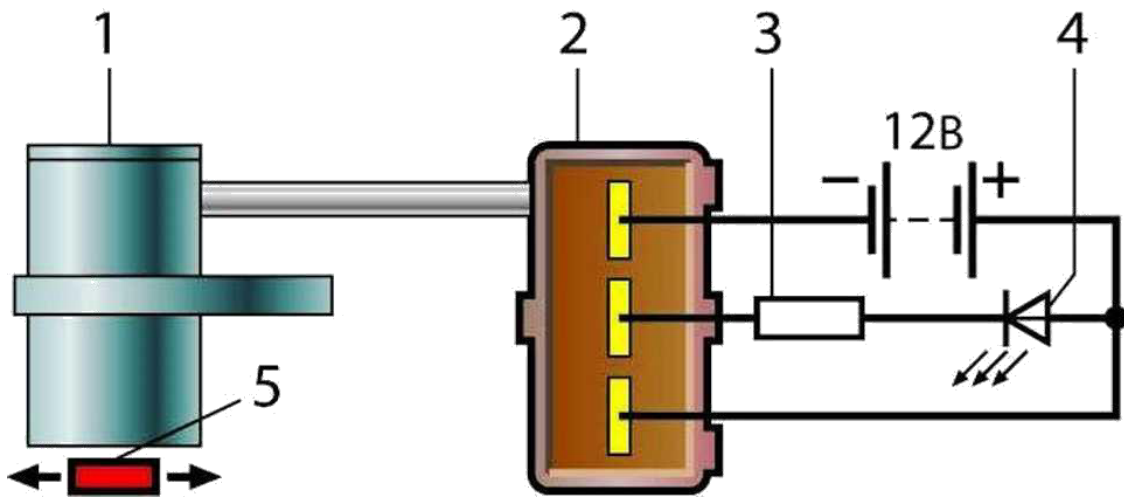


Схема проверки работоспособности ДПРВ:

1 – корпус датчика; 2 – штекерная колодка датчика; 3 – сопротивление 0,5-0,6 кОм; 4 – светодиод АЛ307; 5 – металлическая пластина

В случае отказа ДПРВ электронный блок управления переводит автомобиль в аварийный (резервный) режим, при котором порядок впрыска меняется с фазированного на попарно-параллельный. В таком режиме время открытия форсунок уменьшается в два раза, а число открытий форсунки за цикл, наоборот, увеличивается в два раза. При этом контрольная лампа Check Engine активна.

В случае неисправности ДПРВ незначительно снижается мощность двигателя и ухудшается его динамика, затрудняется пуск ДВС, в системе выпуска увеличивается процент содержания вредных веществ в ОГ.

Датчик массового расхода воздуха является измерительным устройством термоанемометрического типа и предназначен для определения массы воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, а также для вычисления такого диагностического параметра, как нагрузка двигателя.



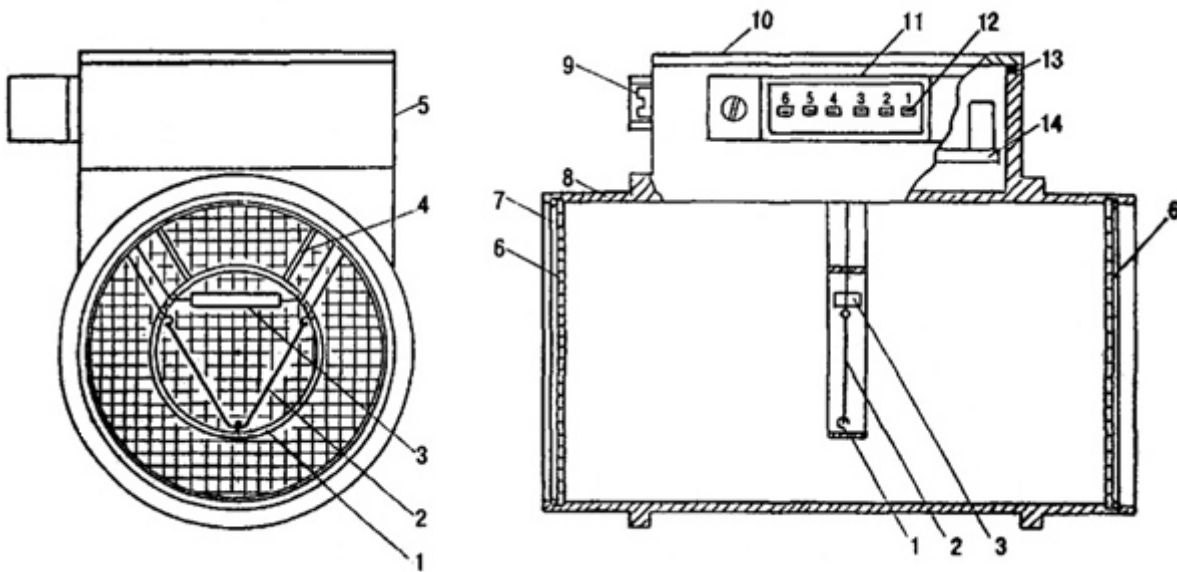
Датчик массового расхода воздуха

Формирование электрического сигнала датчика происходит за счёт электронного преобразования разницы температур впускаемого воздуха, проходящего по воздушному тракту, с постоянно поддерживаемой электронным модулем температурой чувствительного измерительного элемента – тонкой платиновой нити на уровне ~ 150 °С. Потребляемая электрическая мощность для сохранения постоянной температуры нити является показателем, используемым для определения фактической массы поступающего воздуха. ЭБУ по обработанным сигналам определяет оптимальную длительность открытия форсунок.

Для устранения загрязнений, образующихся на платиновой нити и способствующих ухудшению передачи показаний, система использует режим прожига, при котором на нить кратковременно подается напряжение питания сети автомобиля, способствующее

накалу нити до ~ 1000 °С и удалению загрязнений с неё. Для регулировки концентрации окиси углерода (СО) в отработавших газах двигателя на холостом ходу используется встроенный в конструкцию датчика переменный резистор.

ДМРВ расположен между корпусом воздушного фильтра и корпусом дроссельной заслонки. Конструкция датчика представлена на рисунке ниже.



Конструкция ДМРВ:

- 1 – кольцо; 2 – платиновая нить; 3 – термокомпенсационное сопротивление;
 4 – кронштейн крепления кольца; 5 – корпус электронного модуля;
 6 – предохранительная сетка; 7 – стопорное кольцо; 8 – корпус датчика;
 9 – винт регулировки СО; 10 – крышка электронного модуля; 11 – колодка электрического разъёма; 12 – штекер; 13 – уплотнитель; 14 – печатная плата с полупроводниковыми компонентами электронного модуля

В случае отказа ДМРВ электронный блок управления переводит автомобиль в аварийный (резервный) режим работы, при котором система работает по фиксированным данным, указанным в памяти ЭБУ для устойчивой работы ДВС, при этом контрольная лампа Check Engine будет активирована.

В случае неисправности ДМРВ двигатель на холостом ходу может иметь нестабильные обороты, а может визуально никак не проявляться. При этом незначительно снижается мощность

двигателя и динамика, повышается расход топлива, затрудняется холодный запуск двигателя из-за неверного сигнала датчика, который приводит к постоянному переобогащению топливно-воздушной смеси. Контрольная лампа Check Engine при такой неисправности обычно не активируется.

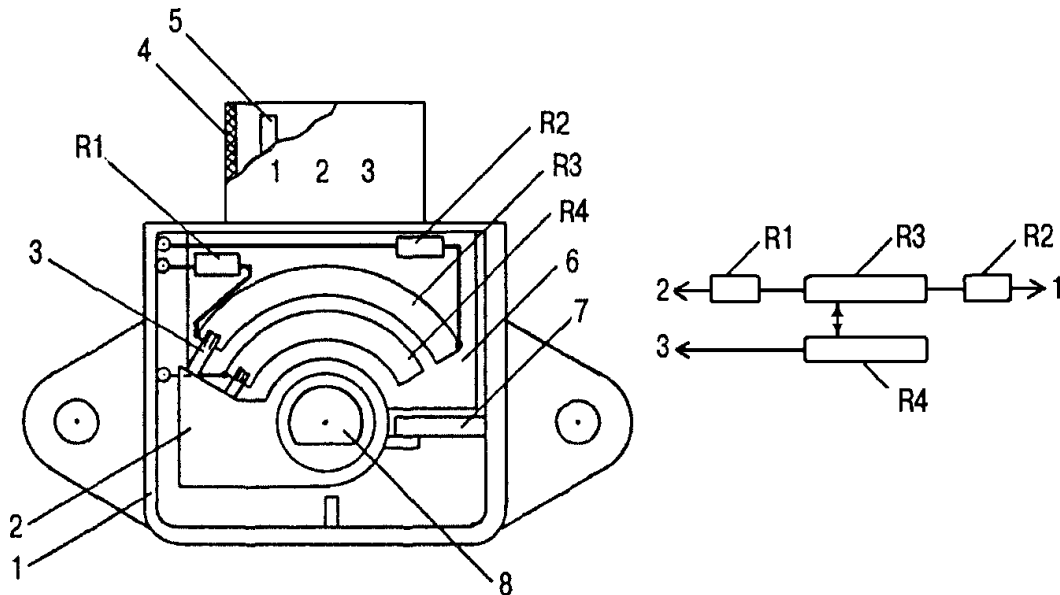
Датчик положения дроссельной заслонки предназначен для определения блоком управления углового положения дроссельной заслонки. Формирование электрического сигнала датчика происходит за счёт разницы падения напряжения на переменном резисторе. Ползунок подвижного контакта, расположенный на резистивной дорожке, выполняет полукруглые перемещения относительно оси дроссельной заслонки. Его движения способствуют получению в схеме определенного сопротивления и формированию электрического сигнала, который направляется к блоку управления для его цифровой интерпретации. ЭБУ по обработанным сигналам определяет положение дроссельной заслонки и, соответственно, корректирует оптимальную подачу топлива и угол опережения зажигания.



Датчик положения дроссельной заслонки

Датчик расположен на корпусе дроссельной заслонки. Сопротивление между выводами 1 и 2 должно быть 2 кОм, между 1 и

3 в крайнем положении – 0,7-1,38 кОм, в другом положении – 2,6 кОм.
Конструкция датчика представлена на рисунке ниже.



Конструкция ДПДЗ:

1 – корпус; 2 – поворотная ручка; 3 – подвижной контакт; 4 – штекерная колодка; 5 – штекер; 6 – печатная плата; 7 – упор; 8 – ось дроссельной заслонки; R1-R2 – сопротивления; R3-R4 – резистивные дорожки

В случае отказа ДПДЗ электронный блок управления производит расчёт положения дроссельной заслонки, исходя из данных, определенных для этого аварийной программой, которая предусматривает повышенные обороты холостого хода и повышенный расход топлива с соответствующими выбросами вредных веществ в ОГ, при этом контрольная лампа Check Engine будет активирована.

В случае неисправности ДПДЗ двигатель на холостом ходу может начать работать на повышенных оборотах, а может иметь резкие провалы при наборе скорости, при движении автомобиля обороты двигателя могут самопроизвольно поднимаются и долго удерживаться, не реагируя на педаль газа. Контрольная лампа Check Engine при такой неисправности обычно активировается, но если износ резистивных дорожек незначительный, то ошибка датчика не фиксируется, и лампа не загорается.

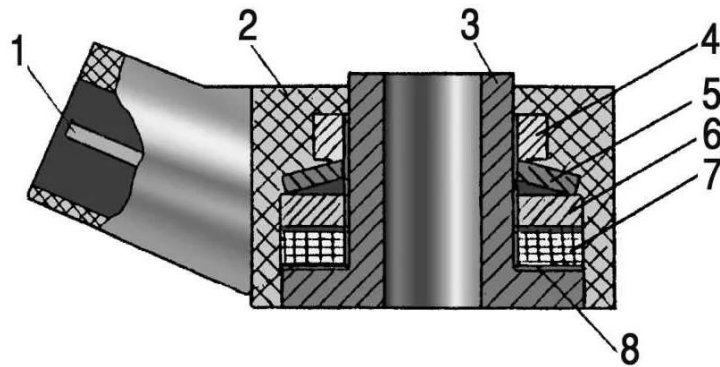
Датчик детонации предназначен для определения блоком управления детонационного сгорания топлива. Формирование электрического сигнала широкополосного датчика детонации происходит за счёт восприятия ударных волн о стенки блока цилиндров в соответствующий уровень детонации.



Датчик детонации

Неконтролируемое самовоспламенение рабочей смеси в цилиндрах двигателя приводит к возникновению вибрационных и термических нагрузок двигателя, эти нагрузки воспринимает инерциальная шайба 6 и передаёт это механическое воздействие на пьезоэлектрический элемент 7 (см. рис. ниже). Пьезоэлектрический элемент, являющийся основным измерительным и очень чувствительным кристаллом, переводит аналоговый сигнал (амплитуды) в значение, соответствующее его уровню в электрический сигнал, который передается блоку управления через специальный экранированный кабель, защищенный от радиопомех. ЭБУ по обработанным сигналам определяет соответствующий программному алгоритму угол опережения зажигания для оптимальной работы двигателя на различных его режимах и предотвращения возможной детонации от использования недостаточно качественного топлива.

Датчик расположен на блоке цилиндров со стороны впускной системы, в зоне 4-го цилиндра, тип датчика – пьезоэлектрический.



Конструкция датчика детонации:

*1 – штекер; 2 – изолятор; 3 – корпус; 4 – гайка; 5 – упругая шайба;
6 – инерционная шайба; 7 – пьезоэлемент; 8 – контактная пластина*

Появление в двигателе эффекта «дизеления» (детонации), т.е., как было отмечено по тексту выше, процесса самопроизвольного – неуправляемого взрывного характера воспламенения смеси, сопровождается образованием фронта воспламенения топливно-воздушной смеси с огромной скоростью, который при достижении финальной точки движения воздействует на неё ударной волной, создавая сильнейшее физическое воздействие, вызывающее металлический стук. Такое воздействие способно вызвать образование трещин в головке блока цилиндров, износ поверхности цилиндров, прогар поршней и тарелок клапанов, изгиб шатунов; контрольная лампа Check Engine активна.

В случае фиксации ЭБУ неисправности ДД система управления переходит в аварийный режим, который предусматривает ограниченный диапазон изменения угла опережения зажигания с целью обеспечения безопасной работы ДВС на высоких оборотах под нагрузкой. При этом ухудшается разгонная характеристика двигателя и повышается расход топлива.

Датчик температуры предназначен для определения температуры охлаждающей жидкости и воздуха. Формирование электрического сигнала происходит за счёт восприятия температуры термпарой, передачи её на терморезистор, который преобразовывает данное значение в напряжение. Полученные

результаты ЭБУ сравнивает с загруженными в его память данными и на их основе интерпретирует величину напряжения в физическую величину температуры охлаждающей жидкости или температуру воздуха.



Датчик температуры

Датчик представляет из себя термостабилитрон, который работает от напряжения 5-12 V через резистор 9,1 КОм. Включается датчик температуры как нижнее плечо резистивного делителя напряжения. Зависимость температуры от сопротивления обратно пропорциональная, т.е. при низком температурном значении (холодный двигатель) сопротивление в максимальном значении. ЭБУ по обработанным сигналам корректирует значение при расчёте угла опережения зажигания и подачи топлива.

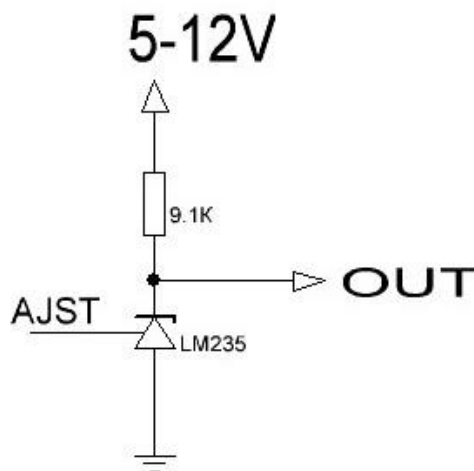


Схема датчика температуры

В случае отказа ДТ электронный блок управления переводит автомобиль в аварийный (резервный) режим работы, при котором система воспринимает температуру охлаждающей жидкости равной 70 градусам Цельсия.

В случае неисправности ДТ возникают проблемы с запуском холодного двигателя, расходом топлива, снижением мощности двигателя, а также увеличиваются обороты ДВС на холостом ходу.

Датчик кислорода (не используется в составе двигателя ЗМЗ-406 с ЭСУД Микас-7.1) предназначен для определения блоком управления состава отработавших газов в выпускном тракте двигателя. Формирование электрического сигнала происходит за счёт разницы потенциалов от восприятия активным элементом датчика количества кислорода в отработанных газах и в атмосфере. Разницу содержания датчик переводит в выходное напряжение, поступающее в блок управления. ЭБУ по данным обработанного сигнала корректирует величину подачи топлива.



Датчик кислорода широкополосный

Датчик расположен до нейтрализатора в выпускном коллекторе. Чувствительный элемент датчика приводится в действие при прогреве температуры выше 300 °С. До прогрева керамики расчёт ЭБУ производится только по данным топливной карты без коррекции, поэтому в систему внедрен управляемый подогрев.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица

Коды ошибок при самодиагностике ЭБУ МИКАС-7.1

Код ошибки	Пояснение ошибки
12	Включён режим самодиагностики блока (короткое замыкание L-линии на массу)
13	Низкий уровень сигнала датчика расхода воздуха
14	Высокий уровень сигнала датчика расхода воздуха
15	Низкий уровень сигнала датчика абсолютного давления
16	Высокий уровень сигнала датчика абсолютного давления
17	Низкий уровень сигнала датчика температуры воздуха
18	Высокий уровень сигнала датчика температуры воздуха
19	Перегрев двигателя (температура охлаждающей жидкости свыше 105 °С)
21	Низкий уровень сигнала датчика температуры охлаждающей жидкости
22	Высокий уровень сигнала датчика температуры охлаждающей жидкости
23	Низкий уровень сигнала датчика положения дросселя
24	Высокий уровень сигнала датчика положения дросселя
25	Низкий уровень напряжения бортовой сети
26	Высокий уровень напряжения бортовой сети
27	Неправильная начальная установка датчика положения дроссельной заслонки
28	Частота вращения коленчатого вала превысила максимум
29	Неправильное подключение датчика частоты вращения коленчатого вала
31	Низкий уровень сигнала первого корректора СО
32	Высокий уровень сигнала первого корректора СО
33	Низкий уровень сигнала второго корректора СО
34	Высокий уровень сигнала второго корректора СО
35	Низкий уровень сигнала первого датчика кислорода
36	Высокий уровень сигнала первого датчика кислорода
37	Низкий уровень сигнала второго датчика кислорода
38	Высокий уровень сигнала второго датчика кислорода
41	Неисправность цепи первого датчика детонации
42	Неисправность цепи второго датчика детонации
43	Низкий уровень сигнала датчика положения клапана рециркуляции
44	Высокий уровень сигнала датчика положения клапана рециркуляции

Продолжение таблицы

Код ошибки	Пояснение ошибки
45	Низкий уровень сигнала датчика положения клапана адсорбера
46	Высокий уровень сигнала датчика положения клапана адсорбера
47	Низкий уровень сигнала датчика гидроусилителя рулевого управления
48	Высокий уровень сигнала датчика гидроусилителя рулевого управления
51	Неисправность блока управления 1
52	Неисправность блока управления 2
53	Неисправность датчика положения коленчатого вала
54	Неисправность датчика положения распределительного вала
55	Неисправность датчика скорости автомобиля
56	Короткое замыкание цепи катушки зажигания цилиндров 1/4 (для блоков АВТРОН)
57	Короткое замыкание цепи катушки зажигания цилиндров 2/3 (для блоков АВТРОН)
58	Обрыв цепи датчика положения коленчатого вала (для блоков АВТРОН)
61	Сброс блока управления
62	Неисправность оперативной памяти (ОЗУ) блока управления
63	Неисправность постоянной памяти (ПЗУ) блока управления
64	Неисправность при чтении Flash-ОЗУ блока управления
65	Неисправность при записи Flash-ОЗУ блока управления
66	Неисправность при чтении кода идентификации БУ
67	Ошибка 1 иммобилизатора
68	Ошибка 2 иммобилизатора
69	Ошибка 3 иммобилизатора
71	Низкая частота вращения коленчатого вала на холостом ходу
72	Высокая частота вращения коленчатого вала на холостом ходу
73	Сигнал богатой смеси при максимальном обеднении от первого датчика кислорода
74	Сигнал бедной смеси при максимальном обогащении от первого датчика кислорода
75	Сигнал богатой смеси при максимальном обеднении от второго датчика кислорода
76	Сигнал бедной смеси при максимальном обогащении от второго датчика кислорода
79	Неисправность при регулировании клапана рециркуляции по сенсору

Продолжение таблицы

81–88	Максимальное смещение угла опережения зажигания по детонации в 1...8 цилиндре
91–98	Короткое замыкание на бортсеть в цепи зажигания 1...8
99	Неисправность формирователя высокого напряжения
131	Неисправность форсунки 1 (КЗ)
132	Неисправность форсунки 1 (Обрыв)
133	Неисправность форсунки 1 (КЗ на землю)
134	Неисправность форсунки 2 (КЗ)
135	Неисправность форсунки 2 (Обрыв)
136	Неисправность форсунки 2 (КЗ на землю)
137	Неисправность форсунки 3 (КЗ)
138	Неисправность форсунки 3 (Обрыв)
139	Неисправность форсунки 3 (КЗ на землю)
141	Неисправность форсунки 4 (КЗ)
142	Неисправность форсунки 4 (Обрыв)
143	Неисправность форсунки 4 (КЗ на землю)
144	Неисправность форсунки 5 (КЗ)
145	Неисправность форсунки 5 (Обрыв)
146	Неисправность форсунки 5 (КЗ на землю)
147	Неисправность форсунки 6 (КЗ)
148	Неисправность форсунки 6 (Обрыв)
149	Неисправность форсунки 6 (КЗ на землю)
151	Неисправность форсунки 7 (КЗ)
152	Неисправность форсунки 7 (Обрыв)
153	Неисправность форсунки 7 (КЗ на землю)
154	Неисправность форсунки 8 (КЗ)
155	Неисправность форсунки 8 (Обрыв)
156	Неисправность форсунки 8 (КЗ на землю)
157	Неисправность пусковой форсунки (КЗ)
158	Неисправность пусковой форсунки (Обрыв)
159	Неисправность пусковой форсунки (КЗ на землю)
161	Неисправность обмотки 1 РДВ (КЗ)
162	Неисправность обмотки 1 РДВ (Обрыв)
163	Неисправность обмотки 1 РДВ (КЗ на землю)
164	Неисправность обмотки 2 РДВ (КЗ)
165	Неисправность обмотки 2 РДВ (Обрыв)
166	Неисправность обмотки 2 РДВ (КЗ на землю)
167	Неисправность цепи реле бензонасоса (КЗ)

Окончание таблицы

168	Неисправность цепи реле бензонасоса (Обрыв)
169	Неисправность цепи реле бензонасоса (КЗ на землю)
171	Неисправность цепи клапана рециркуляции (КЗ)
172	Неисправность цепи клапана рециркул (Обрыв)
173	Неисправность цепи клапана рециркул (КЗ на землю)
174	Неисправность цепи клапана адсорбера (КЗ)
175	Неисправность цепи клапана адсорбера (Обрыв)
176	Неисправность цепи клапана адсорбера (КЗ на землю)
177	Неисправность цепи главного реле (КЗ)
178	Неисправность цепи главного реле (Обрыв)
179	Неисправность цепи главного реле (КЗ на землю)
181	Неисправность цепи лампы диагностики (КЗ)
182	Неисправность цепи лампы диагностики (Обрыв)
183	Неисправность цепи лампы диагностики (КЗ на землю)
184	Неисправность цепи тахометра (КЗ)
185	Неисправность цепи тахометра (Обрыв)
186	Неисправность цепи тахометра (КЗ на землю)
187	Неисправность цепи расходомера топлива (КЗ)
188	Неисправность цепи расходомера топлива (Обрыв)
189	Неисправность цепи расходомера топлива (КЗ на землю)
191	Неисправность цепи реле кондиционера (КЗ)
192	Неисправность цепи реле кондиционера (Обрыв)
193	Неисправность цепи реле кондиционера (КЗ на землю)
194	Неисправность цепи реле вентилятора (КЗ)
195	Неисправность цепи реле вентилятора (Обрыв)
196	Неисправность цепи реле вентилятора (КЗ на землю)
197	Неисправность цепи клапана ЭПХХ (КЗ)
198	Неисправность цепи клапана ЭПХХ (Обрыв)
199	Неисправность цепи клапана ЭПХХ (КЗ на землю)
231–238	Неисправность в цепи зажигания 1...8 (Обрыв)
241–248	Неисправность в цепи зажигания 1...8 (КЗ на землю)
251	Неисправность цепи прожиг датчика МРВ (КЗ)
252	Неисправность цепи прожиг датчика МРВ (Обрыв)
253	Неисправность цепи прожиг датчика МРВ (КЗ на землю)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица

Отображаемые переменные ЭБУ МИКАС-7.1

Код	Описание	Единицы измерения
ADET	Код АЦП в канале детонации	–
ADS	Уставка положения клапана адсорбера	%
ALFU	ALF по измерительному L-зонду	–
AMDET	Напряжение в канале детонации	В
APABS	Напряжение с датчика абсолютного давления	В
ARCO	Напряжение с потенциометра СО	В
ARDIA	Напряжение в канале запроса диагностики	В
ATAIR	Напряжение с датчика температуры воздуха	В
ATHR	Напряжение с датчика положения дроссельной заслонки	В
ATWAT	Напряжение с датчика температуры охлаждающей жидкости	В
AUACC	Напряжение бортовой сети	В
BADSPU	Флаг продувки адсорбера	Есть/Нет
BDET	Признак детонации	Есть/Нет
BDET1	Признак детонации в 1 цилиндре	Есть/Нет
BDET2	Признак детонации во 2 цилиндре	Есть/Нет
BDET3	Признак детонации в 3 цилиндре	Есть/Нет
BDET4	Признак детонации в 4 цилиндре	Есть/Нет
BDET5	Признак детонации в 5 цилиндре	Есть/Нет
BDET6	Признак детонации в 6 цилиндре	Есть/Нет
BDET7	Признак детонации в 7 цилиндре	Есть/Нет
BDET8	Признак детонации в 8 цилиндре	Есть/Нет
BITATM	Флаг зоны барокоррекции	Есть/Нет
BITPOW	Признак мощностной коррекции (обогащение при нагрузке)	Есть/Нет
BITSTP	Признак остановки двигателя	Есть/Нет
BLKINJ	Признак блокировки подачи топлива при торможении	Есть/Нет
BUSY	Занятость процессора	%
BYP	Сечение РДВ	%
CALIBRREG	Номер калибровочного режима	–
COEF1	Коэффициент коррекции топливоподачи 1	–
COEF2	Коэффициент коррекции топливоподачи 2	–
DBYP	Коррекция сечения РДВ относительно базового	%
DEGR	Коррекция характеристики клапана EGR	%
DET	Признак детонации	Есть/Нет
DKGTCD	Коэффициент фильтрации плёнки	–

Продолжение таблицы

Код	Описание	Единицы измерения
DUBYP	Коррекция уставки сечения РДВ относительно таблиц	%
DUOZ1	Смещение угла опережения зажигания (УОЗ) для 1 цилиндра	° п. к. в.
DUOZ2	Смещение УОЗ для 2 цилиндра	° п. к. в.
DUOZ3	Смещение УОЗ для 3 цилиндра	° п. к. в.
DUOZ4	Смещение УОЗ для 4 цилиндра	° п. к. в.
DUOZ5	Смещение УОЗ для 5 цилиндра	° п. к. в.
DUOZ6	Смещение УОЗ для 6 цилиндра	° п. к. в.
DUOZ7	Смещение УОЗ для 7 цилиндра	° п. к. в.
DUOZ8	Смещение УОЗ для 8 цилиндра	° п. к. в.
EFREQ	Рассогласование по частоте для холостого хода	/мин.
EGR	Уставка положения EGR	%
FAZ	Фаза впрыска в градусах положения к. в.	° п. к. в.
FILDET	Фильтрованное отклонение сигнала детонации от мин.	—
FILM	Масса топливной плёнки	мг
FREQ	Частота вращения коленчатого вала	об./мин.
FREQD	Частота вращения коленчатого вала с точностью до единиц	об./мин.
FREQX	Частота вращения коленчатого вала на холостых оборотах	об./мин.
FSM	Фактическое положение шагового мотора	%
GBCDC	GBC по ДМР скорректированное	мг/ц
GBCGB	GBC по ДМРВ результирующее	мг/ц
GBCPABS	GBC по ДАД результирующее	мг/ц
GBCTAB	Базовое GBC по положению дросселя	мг/ц
GBCTHR0	Модельное GBC по положению дросселя	мг/ц
GBCTHR1	Прогнозируемое модельное GBC по положению дросселя	мг/ц
GBCTHRD	Скорректированное базовое CBG	мг/ц
GTC	Цикловая подача топлива	мг/ц
GTCC	Цикловая подача топлива форсункой	мг/ц
GTCD	Цикловая подача топлива в плёнку	мг/ц
GTCF	Цикловая подача топлива в цилиндр	мг/ц
IMPDET	Текущее отклонение сигнала детонации от минимума	
INJ	Длительность импульса впрыска	мс
INPLAM1	Признак наличия кислорода в первом LAMDA-зонде	Богатая/ Бедная
INPLAM2	Признак наличия кислорода на втором LAMDA-зонде	Богатая/ Бедная
JAIR	Расход воздуха	кг/ч

Продолжение таблицы

Код	Описание	Единицы измерения
ALAM1	Значение напряжения, снимаемого с 1 датчика кислорода	мВ
ALAM2	Значение напряжения, снимаемого с 2 датчика кислорода	мВ
DKGTC	Коэффициент емкости пленки	
DUFREQ	Адаптивное смещение частоты холостого хода	об./мин
GBC	Цикловое наполнение расхода воздуха	мг/т
GBCD	Нефильтрованное цикловое наполнение по датчику	мг/т
GBCG	Табличное значение циклового наполнения в зоне обратных выбросов	мг/т
GBCIN	Цикловое наполнение после динамичности коррекции	мг/т
GTC	Цикловая подача топлива	мг/т
GTCA	Асинхронная подача топлива	мг
GTCLM	Ограничение цикловой подачи топлива	мг/т
GTCP	Пусковая подача топлива	мг/т
KGBC	Коэффициент барометрической коррекции	
QT	Расчётный расход топлива	л/ч
JTROTS	Время вращения двигателя	сек
JTSTOP	Время остановки двигателя	сек
JTSYS	Время работы системы	сек
UFREQ	Уставка частоты холостого хода	об./мин
UFRXX	Табличная уставка частоты холостого хода	об./мин
KP1	Пробный коэффициент коррекции топливоподачи знаковый (1-й канал)	
KP2	Пробный коэффициент коррекции топливоподачи знаковый (2-й канал)	
LIMDET	Порог для определения детонации	
MAXDET	Максимальное отклонение сигнала детонации от минимума	
MINDET	Текущий минимум сигнала детонации	
MINERR	Минимальный номер неисправности	
MODE	Индикаторы состояния	
MODE1	Индикаторы состояния 1	
NFRGBC	Квантованная режимная точка для обучения (индекс режимной точки)	
NTAKT	Номер цилиндра для синхронизации	
PABS	Абсолютное давление	МБар
POWER	Мощность двигателя	лс
PROLAM1	Процесс работы 1 регулятора кислорода	
PROALM2	Процесс работы 2 регулятора кислорода	
RBLNOT	Признак блокировки выхода из холостого хода	

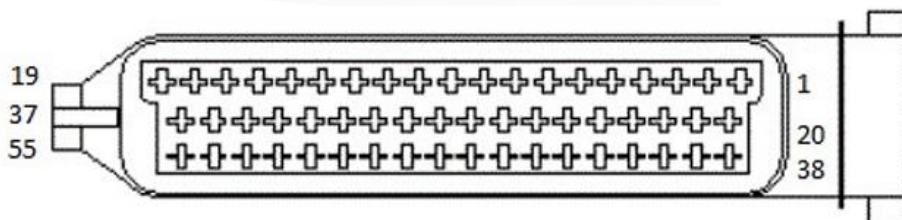
Окончание таблицы

Код	Описание	Единицы измерения
RCOD	Коэффициент коррекции COEFFF RCOD (смещение)	
RCOK	Коэффициент коррекции COEFFF RCOK (коэффициент)	
RDET	Признак зоны детонации	Есть/Нет
REVST	Суммарные обороты двигателя за время пуска	об.
RFRMIN	Признак минимальной частоты	Есть/Нет
RFRSTA	Признак пусковой частоты	Есть/Нет
RXX	Признак холостого хода	Есть/Нет
SEGR	Фактическое положение клапана EGR	%
SEGR0	Закрытое положение клапана EGR	%
SPEED	Скорость автомобиля	км/ч
SSM	Уставка положения РДВ регулятора дополнительного воздуха	%
TAIR	Температура воздуха	°С
THR	Положение дроссельной заслонки	%
THR0	Среднее положения дроссельной заслонки за цикл	%
THR1	Прогнозируемое положение дросселя	%
TIMST	Время пуска двигателя	сек
TKFWR1	Признак записи в таблицу TABKF1	Есть/Нет
TKFWR2	Признак записи в таблицу TABKF2	Есть/Нет
RORQ	Крутящий момент двигателя	кгм
TWAT	Температура охлаждающей жидкости	°С
TWATI	Начальная температура ДВС на момент пуска	°С
UACC	Напряжение питания блока управления	В
UALF	Код АЦП измерительного L-зонда	
UBYP	Уставка сечения РДВ	%
UEGR	Сигнал управления клапаном EGR	%
UEGRCOR	Скорректированный сигнал управления клапаном EGR	%
UOZ	Угол опережения зажигания	° п. к. в.
UOZOC	Угол опережения зажигания для октанового корректора	° п. к. в.
UOZXX	Угол опережения зажигания на холостом ходу	° п. к. в.
UTORQ	Код АЦП измерителя крутящего момента двигателя	
VALFF	Состав смеси; результирующее ALF	
WRKLAM	Признак зоны регулирования обратной связи по кислороду	Есть/Нет

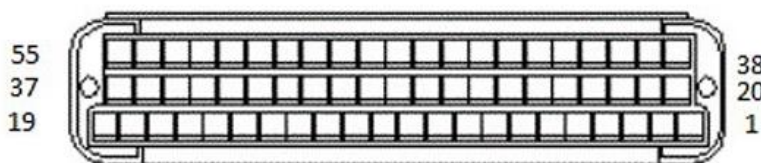
ПРИЛОЖЕНИЕ 4



Вид со стороны контактов



Вид со стороны жгута проводов



Расположение контактов в разъеме ЭБУ и колодке жгута подключаемых проводов

Таблица

Назначение контактов ЭБУ МИКАС-7.1

№ контакта	Назначение
1	Катушки зажигания 1,4
2	Заземление блока управления
3	Реле электробензанося
4	Регулятор РДВ/цепь 1
5	Клапан продувки адсорбера
6	Входной сигнал с датчика массового расхода воздуха (-)
7	Входной сигнал с датчика массового расхода воздуха (+)
8	Входной сигнал с датчика фазы (+)
9	Датчик скорости (+)
10	Датчик кислорода 1 (-)

Окончание таблицы

№ контакта	Назначение
11	Входной сигнал с датчика детонации (+)
12	Питание датчика положения дроссельной заслонки
13	L-линия диагностики
14	Общий силовой (GNP)
15	Формирователь ФВН1 (МЗ-1,4)
16	Форсунка 2
17	Форсунка 1
18	Клемма "30" от аккумуляторной батареи +12 В
19	Общий силовой (GNP)
20	Катушка зажигания 2, 3
21	Формирователь ФВН3
22	Лампа неисправности
23	Клапан рециркуляции
24	Общий провод зажигания (GNI)
25	Реле кондиционера
26	Регулятор добавочного воздуха/цепь 2
27	Клемма "15" от замка зажигания
28	Датчик кислорода 1 (+)
29	Формирователь ФВН2 (МЗ-2, 3)
30	Общий датчик (GNA)
31	Управление прожигом датчика массового расхода воздуха
32	Расходомер топлива
33	Реле вторичного воздуха
34	Форсунка 4
35	Форсунка 3
36	Входной сигнал потенциометра регулировки СО
37	Входной сигнал +12 В от главного реле
38	Сигнал системы "ПБС"
39	Датчик кислорода 2 (-)
40	Запрос кондиционера
41	Датчик детонации 2 (+)
42	Разрешение программирования блока
43	Выходной сигнал, логический на тахометр
44	Входной сигнал на датчик температуры воздуха (+)
45	Входной сигнал на датчик температуры жидкости (+)
46	Главное реле
47	Питание датчика давления
48	Датчик частоты (-)
49	Датчик частоты (+)
50	Датчик давления (+)
51	Диагностика ФВН
52	Формирователь ФВН4
53	Входной сигнал от датчика положения дроссельной заслонки (+)
54	Датчик положения клапана рециркуляции (+)
55	К-линия диагностики блока

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица

Возможные неисправности двигателя и методы их устранения

Вероятная причина	Способ устранения
<i>Нарушение подачи бензина</i>	
Не работает электробензонасос (ЭБН)	Проверить целостность предохранителя. Проверить исправность и надежность разъемов ЭБН, пускового реле и реле ЭБН. При включении зажигания должен быть слышен характерный звук 2...3 с работы ЭБН
Неисправен регулятор давления топлива	Заменить регулятор давления
<i>Неисправности в микропроцессорной системе управления ДВС</i>	
Зазор между электродами свечи не соответствует норме	Проверить зазор и отрегулировать
Нет сигнала от датчика синхронизации	Проверить надежность разъема и исправность датчика
Отсутствует контакт в электрической цепи катушек зажигания, блока управления	Проверить исправность и надежность разъемов. После каждой проверочной операции разъема выполнить пробный пуск двигателя
Неисправен блок управления	Заменить блок управления
<i>Двигатель работает неустойчиво</i>	
Нарушение контактов в соединениях жгута микропроцессорной системы управления двигателем	Устранить нарушения в соединении контактов
Неисправность жгута проводов микропроцессорной системы управления двигателем	Устранить неисправность
Нарушение контакта в соединениях цепи массы	Устранить неисправность
<i>Перебои или отказ в работе одного или двух цилиндров двигателя</i>	
Нарушение или загрязнение контактов в системе зажигания	Устранить загрязнение или восстановить нарушенный контакт
Нагар на тепловом конусе свечи	Заменить свечу
Не работает свеча зажигания	Заменить неисправную свечу
Неисправность катушки зажигания	Заменить неисправную катушку
Отсутствие контакта в разъеме форсунки или неисправность форсунки	Проверить разъем на форсунке или заменить форсунку

Окончание таблицы

Вероятная причина	Способ устранения
<i>Повышенная частота вращения коленчатого вала в режиме холостого хода на прогревом двигателе</i>	
Неплотности соединений шлангов системы вентиляции и регулятора холостого хода	Устранить перекосы шлангов и подтянуть хомуты
Нарушение контакта или неисправность датчиков системы управления двигателем	Проверить разъем, заменить неисправный датчик
Увеличенный зазор между датчиком фазы и пластиной датчика фазы	Подтянуть крепление датчика
Негерметичны форсунки или загрязнены их распылители	Заменить неисправные форсунки
<i>Двигатель не развивает полной мощности</i>	
Повышенное сопротивление потоку воздуха во впускном тракте	Очистить впускной тракт или заменить воздушный фильтр
Повышенное сопротивление в выпускном тракте	Очистить выпускной тракт или заменить детали системы выпуска
Нарушение фаз газораспределительного механизма	Произвести корректировку установки фаз
Зазор между электродами свечи не соответствует норме	Проверить зазор круглым щупом и при необходимости отрегулировать
Пониженная компрессия двигателя	Притереть клапаны или произвести ремонт цилиндро-поршневой группы
Недостаточная мощность искры	Заменить неисправную свечу зажигания или катушку зажигания
Неисправность микропроцессорной системы управления двигателем	Произвести диагностику и устранить неисправность
<i>Повышенная токсичность выхлопных газов</i>	
Неисправность микропроцессорной системы управления двигателем	Произвести диагностику системы управления и устранить неисправность
<i>Недостаточная подача топлива</i>	
Низкое давление топлива	Заменить регулятор давления, бензонасос, фильтр тонкой очистки топлива или очистить топливоподающую магистраль, топливopриемник
Засорение форсунок	Заменить неисправные форсунки
Неисправность обмоток форсунок	Заменить неисправные форсунки

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОЛЬЗОВАНИЮ ДСТ-2М

Диагностический сканер-тестер ДСТ-2М предназначен для выявления и устранения неисправностей системы электронного управления двигателем и других систем. Посредством соединения с диагностическим разъёмом сканер считывает и контролирует информацию, занесенную в память электронного блока.



Внешний вид диагностического устройства ДСТ-2М

Режимы работ ДСТ-2М

Параметры. Просматриваются текущие параметры ЭСУД. При выборе функции «Общий вид» доступна возможность контроля параметров ЭСУД. Она позволяет сравнить текущие данные с эталонными. При выборе функции «Просмотр групп» доступна возможность контроля параметров отдельных систем (подсистем). В этой секции параметры в определённом порядке сгруппированы; состав групп можно изменить с помощью пункта «Настройка групп». Просматриваются текущие сигналы аналогово-цифровых

преобразователей, текущее состояние системы «иммобилизация», паспортные данные ЭБУ.

Контроль ИМ. Осуществляется проверка функционирования заданных исполнительных механизмов.

Сбор данных. Производится регистрация и сохранение данных в момент возникновения неисправности.

Ошибки. Выполняется просмотр информации кодов неисправностей и отказов, занесённых в память ЭБУ, удаление информации кодов неисправностей и отказов, занесённых в память ЭБУ.

Доп. испытания. Осуществляется сбор данных ОЗУ блока управления.

Настройка. Доступен выбор языка пользования.

Таблица

Диагностические параметры элементов ЭСУД и процессов работы ДВС, отображаемые в режиме контроля текущих данных

Параметр	Наименование	Величина
num_err	Количество ошибок	–
TMST	Температура двигателя при пуске	°С
TMOT	Температура охлаждающей жидкости	°С
TANS	Температура впускного воздуха	°С
UB	Напряжение в бортовой сети	В
VFZG	Текущая скорость автомобиля	км/ч
WDKBA	Положение дроссельной заслонки	%
NMOT	Частота вращения коленчатого вала	об/мин
ML	Массовый расход воздуха	кг/ч
ZWOUT	Угол опережения зажигания	° по к. в.
WKR_X	Величина отскока УОЗ при детонации	° по к. в.
RL	Параметр нагрузки	%
RLP	Расчётная нагрузка	%
FHO	Фактор высотной адаптации	–
TI	Длительность импульса впрыска топлива	мсек
NSOL	Желаемые обороты холостого хода	об/мин
MOMPOS	Текущее положение РХХ	Шаг
MSNLLSS	Желаемый расход воздуха на холостом ходу	кг/ч
DMDVAD	Параметр адаптации регулировки холостого хода	–
USVK	Сигнал датчика кислорода	В

Продолжение таблицы

Параметр	Наименование	Величина
FR	Коэффициент коррекции длительности импульса впрыска по сигналу датчика кислорода	–
LAMSBG	Желаемое значение состава смеси	–
TATEOUT	Коэффициент заполнения сигнала продувки адсорбера	%
RKRN	Нормализованный уровень сигнала датчика детонации	–
LUMS	Неравномерность вращения коленчатого вала	об/сек ²
FSE	Параметр адаптации	–
FZABG	Счётчик пропусков зажигания, влияющих на токсичность цилиндра	–
FZKATS	Счётчик пропусков воспламенения, влияющих на работоспособность нейтрализатора	–
TIME	Время работы системы	час
CHKSUMFL	Контрольная лампа	–
VSKS	Мгновенный расход топлива	л/час
DMLLRI	Желаемое изменение момента для поддержания холостого хода (интегральная часть)	–
DMLLR	Желаемое изменение момента для поддержания холостого хода (пропорциональная часть)	–
RKAT	Аддитивная составляющая коррекции самообучением	%
FRA	Мультипликативная составляющая коррекции самообучением	–
B_LL	Признак работы двигателя в режиме холостого хода	да/нет
S_AC	Признак включения кондиционера	да/нет
B_KOE	Запрос на включение кондиционера	да/нет
B_EKP	Признак включения электробензонасоса	вкл/выкл
S_LF	Признак включения электровентильатора	вкл/выкл
B_MIL	Признак включения контрольной лампы	вкл/выкл
B_KR	Контроль детонации активен	да/нет
B_LR	Признак работы в зоне регулировки по сигналу управляющего датчика кислорода	да/нет
B_SA	Отсечка топливоподачи	есть/нет
B_SBBVK	Готовность переднего датчика O ₂	есть/нет
B_LRA	Базовая адаптация смеси	есть/нет
B_TE	Продувка адсорбера активирована	да/нет
B_LUSTOP	Обнаружение пропусков зажигания приостановлено	да/нет

Окончание таблицы

Параметр	Наименование	Величина
UBAT	Напряжение бортовой сети	В
TCOLANT	Выходное напряжение ДТОЖ	В
AIRSENS	Выходное напряжение ДМРВ	В
TPS	Выходное напряжение ДПДЗ	В
02SENS1	Выходное напряжение управляющего ДК	В
WTANS	Выходное напряжение ДТВ	В
02SENS2	Выходное напряжение диагностического ДК	В
ACCELSENS	Выходное напряжение датчика неровной дороги	В
RINV 1	Внутренне сопротивление управляющего ДК	В
RINV 2	Внутреннее сопротивление диагностического ДК	В

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Фамилия и инициалы студента

Группа _____

Дата _____

Автомобиль

Модель ЭБУОтметка преподавателя о
выполнении лабораторной
работы

ОТЧЁТ

о выполнении лабораторной работы

**«ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ»**

Результаты внешнего осмотра двигателя _____

Электрические схемы компонентов ЭСУД

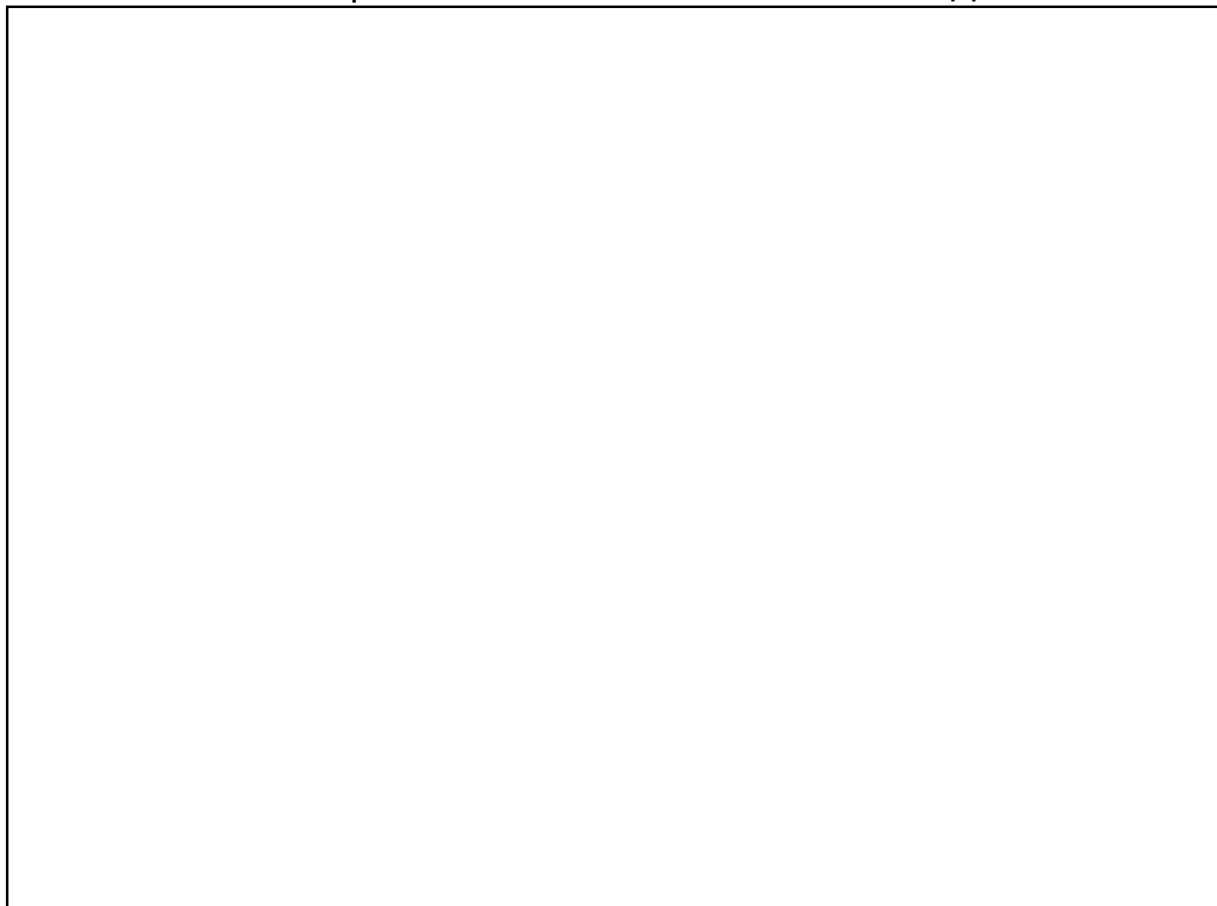


Таблица 1

Диагностирование заданных электронных компонентов

Наименование компонента	Значение диагностического параметра на соответствующем режиме работы ДВС						
	Ед. изм.	Нормативное			Фактическое		
		Вкл. зажиг.	Хол. ход	2500 об./мин.	Вкл. зажиг.	Хол. ход	2500 об./мин.

Заключение _____

Таблица 2

Диагностирование электронной системы управления двигателем

№ выключателя вводимой неисправности	Характер проявления неисправности/ наименование предполагаемого неисправного компонента	Значение диагностического параметра на соответствующем режиме работы ДВС					
		Ед. изм.	Нормативное		Фактическое		
			Вкл. зажиг.	Хол. ход	Вкл. зажиг.	Хол. ход	

Заключение _____

ЛИТЕРАТУРА

ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения.

ГОСТ 27.002 – 2015. Надежность в технике. Термины и определения.

Системы, технологии и организация услуг в автомобильном сервисе / А. Н. Ременцов, Ю. Н. Фролов, В. П. Воронов [и др.]. – Москва : ООО Издательский центр "Академия", 2013. – 480 с. – (Бакалавриат). – ISBN 978-5-7695-8829-7. – EDN YJOGEC.

Адаптация математического образовательного контента в электронных обучающих ресурсах / Ю. В. Вайнштейн, В. А. Шершнева, Р. В. Есин, Т. В. Зыкова // Открытое образование. – 2017. – Т. 21, № 4. – С. 4-12. – DOI 10.21686/1818-4243-2017-4-4-12. – EDN

Кречетов, И. А. Реализация методов адаптивного обучения / И. А. Кречетов, В. В. Романенко // Вопросы образования. – 2020. – № 2. – С. 252-277. – DOI 10.17323/1814-9545-2020-2-252-277. – EDN

Сафонова, М.Г. Исследование влияния наглядных методов обучения на уровень усвоения учебных программ студентами технических вузов / М.Г. Сафонова, О.А. Крючкова, М.В. Григорьев // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. научных трудов кафедры ЭАТиС. – М.: МАДИ, 2020. – С. 218-223. – EDN XPSCCZ.

7. Kruchkova, O.A. The introduction of innovative and active-based teaching methods into the complex process of acquiring professional competencies by students of technical specialties / O.A. Kruchkova, M.V. Grigoriev // 16th annual International Technology, Education and Development Conference, Valencia, 7th–8th March, 2022. – Valencia: IATED, – 2022. – pp. 7958-7965. – DOI 10.21125/inted.2022.2005. – EDN UIQTVW.
8. Zimanov, L. L. Main directions of scientific and educational activities of MADi (for the 90th anniversary of the University) / L. L. Zimanov //

Science Journal of Transportation. – 2020. – No. 10. – P. 118-124. – EDN EFTOUD.

Смирнов, Ю. А. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, А. В. Муханов. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2021. – 620 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-8114-6713-6. – EDN XLZASI.

Григорьев, М. В. Компьютерное диагностирование электронных компонентов и систем управления автомобильных бензиновых двигателей : Методические указания к лабораторной работе по курсам: «Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств»; «Техническая эксплуатация силовых агрегатов и трансмиссий» / М. В. Григорьев. – Москва : МАДИ, 2015. – 40 с. –

Григорьев, М. В. Компьютерная диагностика двигателя EJ253 на автомобиле Subaru Outback : учебно-методическое пособие / М. В. Григорьев, В. А. Зенченко. – Москва : МАДИ, 2022. – 52 с. – EDN

Григорьев, М. В. Диагностика электронных систем управления бензиновых двигателей : Методические указания к лабораторной работе / М. В. Григорьев. – Москва : МАДИ, 2013. – 24 с. – EDN

Григорьев, М. В. Диагностика и обслуживание электромагнитных форсунок бензиновых ДВС : Методические указания к лабораторной работе по курсам: «Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств»; «Основы диагностики наземных транспортно-технологических средств» / М. В. Григорьев, А. А. Далидович. – Москва : МАДИ, 2018. – 52 с. – EDN UDSGTC.

Зависимость стратегий ремонта машин от условий их эксплуатации / В. И. Карагодин, А. Ю. Горелов, А. А. Солнцев [и др.] // Транспорт на альтернативном топливе. – 2024. – № 3(99). – С. 62-72. – EDN FJSIOM.

Повышение достоверности диагностирования автомобилей и транспортно-технологических машин с применением

искусственного интеллекта / Л. Л. Зиманов, В. И. Карагодин, И. В. Кондратьев [и др.] // Транспортное дело России. – 2024. – № 2. – С. 189-191. – EDN VYXXUJ.

Цыганов, Г. С. Улучшенная диагностика неисправностей автомобиля с использованием искусственного интеллекта и машинного обучения / Г. С. Цыганов, Д. Н. Савкин // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 31 октября – 01 2024 года. – Пенза: ПГАУ, 2024. – С. 234-237. – EDN BZJVWX.

Цыганов, Г. С. Разработка автономных систем бортовой диагностики автомобиля для повышения безопасности транспортных средств / Г. С. Цыганов, Д. А. Пучков // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 31 октября – 01 2024 года. – Пенза: ПГАУ, 2024. – С. 238-240. – EDN RJIUZK.

Цыганов, Г. С. Влияние системы бортовой диагностики на экологические характеристики автомобиля / Г. С. Цыганов, Д. А. Власов // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 31 октября – 01 2024 года. – Пенза: ПГАУ, 2024. – С. 243-246. – EDN FVMRMQ.

Автомобильный справочник [Текст] : [пер. с англ.] / [Konrad Reif и др.] ; Bosch. - [3-е изд.]. - Москва : За рулем, печ. 2012. - 1274 с. : ил., табл.; 19 см.; ISBN 978-5-9698-0406-7 (в пер.).

Сайт доц. кафедры ЭАТиС МАДИ, канд. техн. наук Григорьева М.В. [Электронный ресурс] / Учебная литература. – Электрон. дан. – Diagnoscar, 2025. – Режим доступа: <https://diagnoscar.ru/> – Загл. с экрана.

Учебное издание

ГРИГОРЬЕВ Михаил Владимирович
ГУЛЫЙ Виталий Викторович
АСАТРЯН Эрик Романович
ГАСАНОВ Тимур Русланович

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ
ЭСУД БЕНЗИНОВОГО ДВС НА БАЗЕ ЗМЗ-406**

Редактор С.В. Голованова

Редакционно-издательский отдел МАДИ. E-mail: rio@madi.ru

Подписано в печать 30.05.2025 г. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 4,5. Тираж 300 экз. Заказ .

МАДИ, Москва, 125319, Ленинградский пр-т, 64.