

# МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621.436

## РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

М.В. Тихомиров<sup>1</sup>, С.В. Овчинников<sup>2</sup>, Ю.Е. Хрящев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ЯГТУ, г. Ярославль, Российская Федерация

<sup>2</sup>ООО “Электронная автоматика”, г. Ярославль, Российская Федерация  
e-mail: myh@mail.ru; khr.u.e@mail.ru; s-ovch@mail.ru

*Рассмотрена проблема создания диагностического комплекса, представляющего собой комплект программного обеспечения и оборудования, в целях тестирования первой отечественной серийно выпускаемой электронной системы управления автомобильными дизелями ЯМЗ 656.10 и ЯМЗ 658.10 и выявления возможных неисправностей. При разработке диагностического комплекса используются современные европейские интерфейсы, рекомендованные для диагностики автомобильного транспорта. С помощью предлагаемого комплекса возможно выполнение следующих функций: динамический мониторинг текущих параметров электронной системы управления; чтение списка ошибок, кадров состояния системы и их декодирование; изменение инженерных настроек системы (настройка характеристик, регуляторов, калибровок и пр.); тестирование исполнительных механизмов; программирование электронного блока управления. Разработанный комплекс диагностики внедрен в серийное производство в 2009 г.*

**Ключевые слова:** дизель, система, управление, диагностика, комплекс, алгоритм.

## DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC COMPLEX FOR DOMESTIC AUTOMOBILE DIESEL ENGINE ELECTRONIC CONTROL SYSTEM

M.V. Tikhomirov<sup>1</sup>, S.V. Ovchinnikov<sup>2</sup>, Yu.E. Khryashev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation

<sup>2</sup>LLC “Electronic Automation”, Yaroslavl, Russian Federation  
e-mail: myh@mail.ru; khr.u.e@mail.ru; s-ovch@mail.ru

*The problem is considered to develop diagnostic complex including software and equipment. This complex is aimed to test the first domestic serial electronic system to control automobile diesel engine YaMZ 656.10 and YaMZ 658.10, and to reveal failures. Modern European interfaces recommended for the motor transport diagnostics, are used at the complex' development. Proposed complex allows to: monitor dynamically the current parameters of electronic control system; read the list of errors; read and decode the system state frames; change of the system's engineering settings (characteristics, controllers, calibrations, etc.); test the actuators; program the electronic control unit. Presented diagnostic complex was applied in serial production in 2009.*

**Keywords:** diesel engine, system, control, diagnostics, complex, algorithm.

Перед разработчиками электронных систем автоматического управления (САУ) автомобилем, в том числе и автомобильным дизелем, наряду с созданием аппаратной и программной частей САУ возникает необходимость разработки диагностического комплекса для тестирования САУ, включая электронные блоки управления, датчики, жгуты соединительных проводов и исполнительные механизмы, в целях выявления возможных неисправностей для последующего ремонта и устранения неполадок, так как от исправности любого из приведенных элементов зависит работоспособность автомобиля. Иными словами, каждую серийно выпускаемую систему управления необходимо сопровождать диагностическим оборудованием. В настоящее время все системы управления сложными техническими объектами строятся как многоуровневые, многопроцессорные САУ с распределенными функциями, объединенные в единую сеть. На современных автомобилях такие системы уже включают в себя десятки микропроцессоров.

Решением упомянутых задач пришлось заниматься и разработчикам первой отечественной серийно выпущенной электронной системы управления (ЭСУ) автомобильными дизелями ЯМЗ 656.10 и ЯМЗ 658.10 ЭСУ-11<sup>1</sup> Для сопровождения системы ЭСУ-1 был разработан диагностический комплекс ДК-5, представляющий собой комплект программного обеспечения и оборудования, подключаемого к диагностическому разъему двигателя или автомобиля для его диагностики.

Диагностическое оборудование для САУ автомобильными дизелями по принципу действия можно разделить на две группы: автомобильные адаптеры и сканеры; мотор-тестеры и осциллографы. Первые не имеют собственных датчиков и никакие собственные измерения с их помощью не возможны, поэтому они подключаются к электронным блокам управления и через них считывают информацию из системы. Вторые подключаются непосредственно к различным электрическим цепям электронной системы для замера параметров. Результаты, полученные помимо электронных блоков управления, т.е. не зависимо от них, являются более точными.

При разработке диагностического комплекса ДК-5 использованы современные европейские интерфейсы, рекомендованные для диагностики автомобильного транспорта: шина K-Line (ISO 9141-1) — обычно однопроводная последовательная диагностическая линия связи со

---

<sup>1</sup>Хрящев Ю.Е., Антошин Р.О., Тихомиров М.В. Уровень EURO-3 с системами ЭСУ-1 // Электроника и электрооборудование транспорта. 2006. № 3–4. С. 10–11.

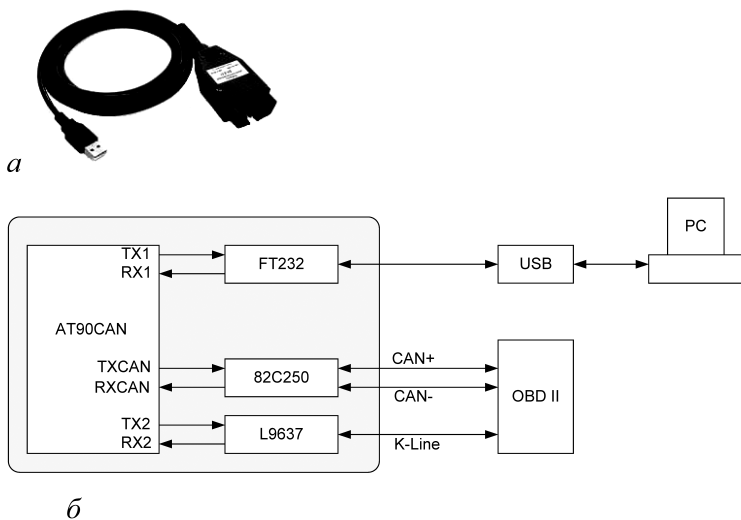
Chryschev Yu.E., Antoshin R.O., Tichomirov M.V. EURO-3 Level with ESU-1 Systems. *Elektronika i elektrooborudovanie transporta* [Electronics and Transport Electric Equipment], 2006, no. 3–4, pp. 10–11.

скоростью передачи до 100 кбит/с; шина CAN (ISO-11898) — высокоскоростная синхронная дифференциальная двухпроводная линия связи со скоростью передачи до 1 Мбит/с; шина SAE J1850 PWM — последовательная двухпроводная дифференциальная диагностическая линия связи с применением широтно-импульсной модуляции; шина SAE J1850 VPW — последовательная однопроводная диагностическая линия связи с применением импульса переменной ширины.

Стандарт OBD II регламентирует следующие протоколы обмена данными между ЭБУ и диагностическим устройством:

- протокол SAE J1850 PWM, физическая линия связи SAE J1850 PWM, скорость передачи данных 41.6 Кбит/с;
- протокол SAE J1850 VPW, физическая линия связи SAE J1850 VPW, скорость передачи данных 10.4 Кбит/с;
- протокол ISO 9141-2, физическая линия связи ISO 9141-1 (шина K-Line), скорость передачи данных 10.4 Кбит/с;
- протокол ISO 14230-4 KWP2000, физическая линия связи ISO 9141-1 (шина K-Line), скорость передачи данных 10.4 Кбит/с. В отличие от ISO 9141-2 протокол использует только линию K;
- протокол ISO 15765-4, физическая линия связи CAN, скорость передачи данных 250 Кбит/с или 500 Кбит/с;
- протокол SAE J1939, физическая линия связи CAN, скорость передачи данных 250 Кбит/с.

Диагностический комплекс ДК-5 (рис. 1) включает в себя: кабель-адаптер для подключения компьютера по USB-интерфейсу к диагностической колодке OBD II и программное обеспечение для работы с адаптером на компьютере.



**Рис. 1. Диагностический кабель-адаптер ДК-5:**

*а* — внешний вид; *б* — структурная схема

Использование при диагностике протокола передачи по шине CAN, ввиду его сложности и нецелесообразности программной реализации, требует использования в кабель-адаптере микроконтроллера с аппаратной поддержкой интерфейса CAN (AT90CAN-32). В этом случае интегрированный в микроконтроллер аппаратный интерфейс CAN реализует нижние уровни сетевой модели OSI.

Для поддержки кабель-адаптером одновременной работы по нескольким шинам, требуемый режим работы динамически задается USB-портом компьютера по специально разработанному протоколу.

Основные функции микропрограммы для кабель-адаптера следующие: сквозная передача данных между интерфейсом USB компьютера и шинами K-Line или CAN; выбор активного интерфейса для работы по USB-порту компьютера; задание скорости работы интерфейсов; аппаратная реализация режима “быстрая инициализация” электронного блока управления; возможность обновления прошивки кабель-адаптера по технологии самопрограммирования (In-Application Programming, IAP).

Алгоритм работы микропрограммы для кабель-адаптера приведен на рис. 2. В зависимости от режима работы кабель-адаптера поток данных между компьютером и диагностируемым устройством передается либо напрямую между двумя каналами UART микроконтроллера, либо между каналом UART и встроенным модулем CAN. При работе с CAN полученный пакет данных из модуля CAN последовательно передается по каналу UART. Для контроля целостности передаваемых данных используется контрольная сумма. По запросу с компьютера может быть изменен режим работы кабель-адаптера с переконфигурацией каналов UART и CAN микроконтроллера.

Комплекс программ, разработанный специально для ДК-5, предназначен для проведения диагностики и настройки ЭСУ топливopодачей дизеля. Он включает в себя программы EDCDiags и EDCFlasher (рис. 3).

Программа EDCDiags используется для диагностики электронных блоков управления двигателем 50.3763, M230E3, устанавливаемых на современные отечественные автомобили (рис. 4).

Основные функции программы EDCDiags: связь с блоком ЭСУ двигателем по протоколу KWP2000 (ISO 14230) по физической линии K-Line (ISO 9141-1) и по протоколу SAE J1939 по физической линии CAN; считывание паспорта ЭБУ; диагностика ошибок системы; мониторинг динамических параметров системы в реальном масштабе времени; сохранение результатов мониторинга на жесткий диск компьютера; настройка основных алгоритмов и калибровок блока ЭСУ; сохранение настроенных параметров в энергонезависимой памяти блока ЭСУ; тестирование исполнительных механизмов.

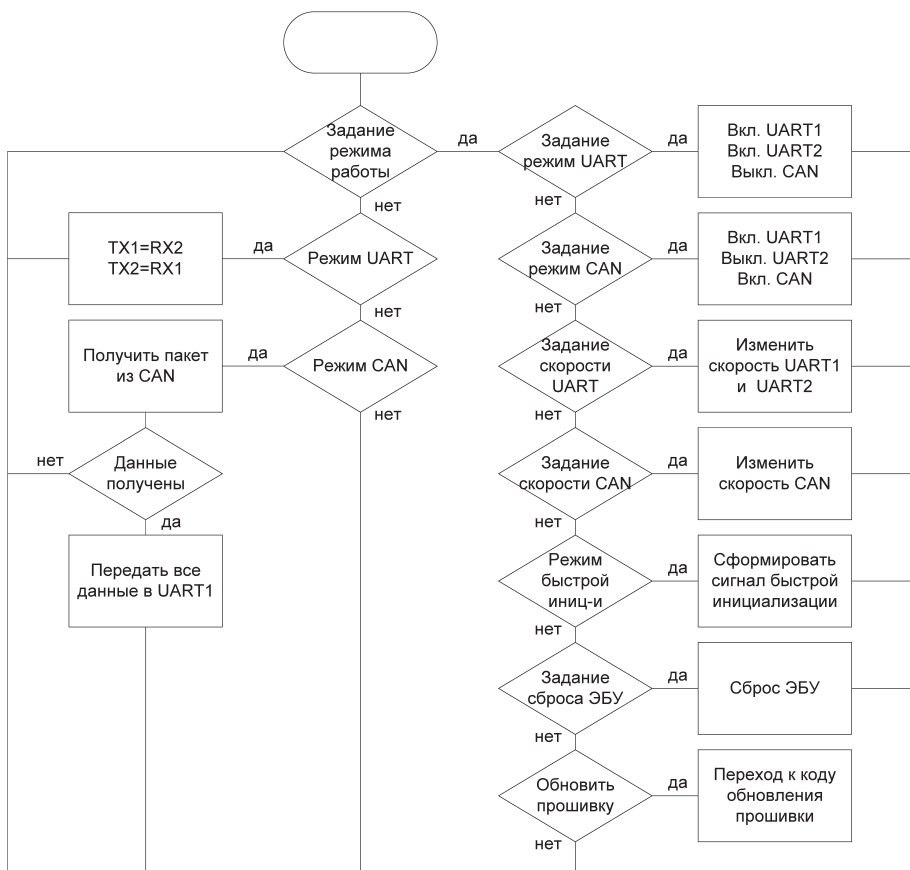


Рис. 2. Блок-схема алгоритма работы микропрограммы кабель-адаптера

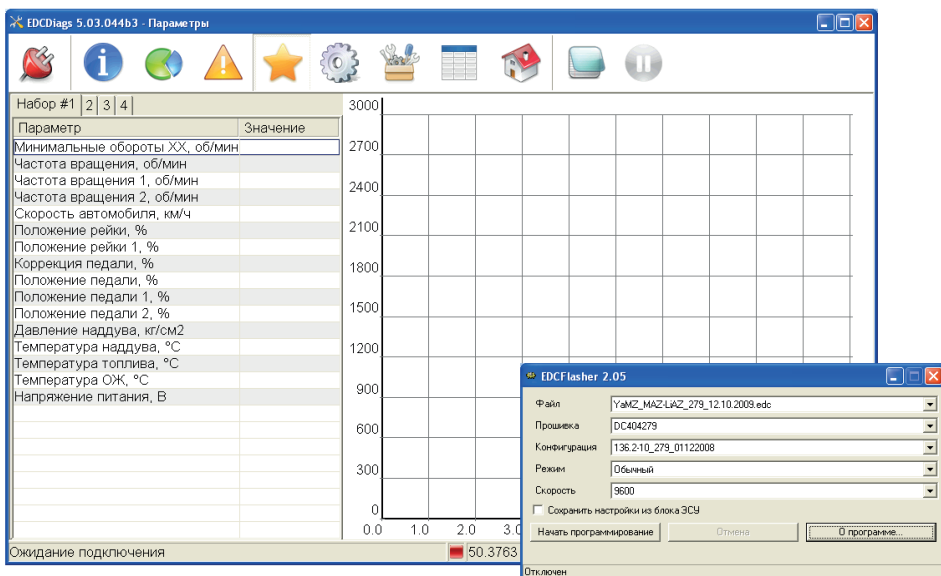


Рис. 3. Внешний вид пользовательского интерфейса программ EDCDiags и EDCFlasher

```

[0300]F1>10kr=02sid=81RQU:8110F18103;Sld_StartCommunication
[0315]10>F1kr=06sid=C1RSP:83F110C1C08F94
[0567]F1>10kr=03sid=10RQU:8310F110810A1F;StartDiagnosticSessionMode=81
[0582]10>F1kr=03sid=50RSP:82F110508154
[0710]F1>10kr=04sid=18RQU:8410F118000009D;Sld_ReadDiagnosticTroubleCodesByStatus
[0726]10>F1kr=0Esid=58RSP:8EF110580403386103436101226212302419
-
[15.143]F1>10kr=01sid=3ERQU:8210F13E01C2;TesterPresent
[15.146]10>F1kr=01sid=7FRSP:81F1107E00
[15.669]F1>10kr=01sid=82RQU:8110F18204;StopCommunication
[15.672]10>F1kr=01sid=C2RSP:81F110C244

```

**Рис. 4.** Листинг протокола инициализации соединения по ISO 14230 (KWP2000), двигатель ЯМЗ-650, блок управления AbitM230

Программа EDCFlasher предназначена для программирования вышеупомянутых ЭБУ.

Основные функции программы EDCFlasher следующие: выбор необходимой прошивки, загружаемой конфигурации, режима и скорости программирования; поддержка двух режимов программирования блока ЭСУ (программирование по протоколу KWP200 (ISO 14230) и режим программирования пустых блоков с использованием специального загрузчика); связь с блоком ЭСУ двигателем по физической линии K-Line (ISO 9141-1); возможность сохранения и восстановления после программирования блока старых настроек и калибровок.

**Выводы.** С помощью диагностического комплекса ДК-5 выполнены следующие функции:

- динамический мониторинг текущих параметров ЭСУ (например, показаний датчиков частоты вращения коленчатого вала, положение педали управления и др.);
- чтение списка ошибок (DiagnosticTroubleCodes, DTC) и кадров состояния системы (FreezeFrames) из блока ЭСУ и их декодирование;
- возможность изменения инженерных настроек системы (характеристик, регуляторов, калибровок и пр.);
- тестирование исполнительных механизмов;
- возможность программирования электронного блока управления.

Разработанный комплекс диагностики внедрен в серийное производство в 2009 г. в ООО “Электронная автоматика” и в настоящее время широко используется сервисными службами.

Статья поступила в редакцию 21.05.2014

Тихомиров Михаил Витальевич — соискатель ученой степени канд. техн. наук, программист Ярославского государственного технического университета (ЯГТУ). Автор 12 научных работ в области тепловых двигателей, математического моделирования, автоматического управления и регулирования.

ЯГТУ, Российская Федерация, 150023, г. Ярославль, Московский пр-т, д. 88.

Tikhomirov M.V. — post-graduate, programmer of the Yaroslavl State Technical University (YSTU). Author of 12 publications in the field of heat engines, mathematical modeling, automatic control.

Yaroslavl State Technical University (YSTU), Moskovskiy prosp. 88, Yaroslavl, 150023 Russian Federation.

Овчинников Сергей Владимирович — канд. техн. наук, технический директор ООО “Электронная автоматика”. Автор 19 научных работ в области тепловых двигателей, математического моделирования, автоматического управления и регулирования.

ООО “Электронная автоматика”, Российская Федерация, 150064, г. Ярославль, Ленинградский пр-т, д. 27.

Ovchinnikov S.V. — Cand. Sci. (Eng.), technical director of the LLC “Electronic Automation”. Author of 19 publications in the field of heat engines, mathematical modeling, automatic control.

LLC “Electronic Automation”, Leningradskiy prosp. 27, Yaroslavl, 150064 Russian Federation.

Хрящев Юрий Евгеньевич — д-р техн. наук, профессор кафедры “Двигатели внутреннего сгорания” Ярославского государственного технического университета (ЯГТУ). Автор 154 научных работ в области тепловых двигателей, математического моделирования, автоматического управления и регулирования, мехатроники, технологии машиностроения.

ЯГТУ, Российская Федерация, 150023, г. Ярославль, Московский пр-т, д. 88.

Khryashev Yu.E. — Dr. Sci. (Eng.), professor of the “Internal Combustion Engines” department of the Yaroslavl State Technical University (YSTU). Author of 154 publications in the field of heat engines, mathematical modeling, automatic control, mechatronics, mechanical engineering technologies.

Yaroslavl State Technical University (YSTU), Moskovskiy prosp. 88, Yaroslavl, 150023 Russian Federation.

---

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

---

Сдано в набор 15.12.2014

Формат 70 × 108/16

Заказ

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана

Подписано в печать 27.01.2015

Усл.-печ. л. 12,77

Уч.-изд. л. 13,65