

**В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова**

## **РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ АВТОМОБИЛЯ «РОДСТЕР КРЫМ»**

*Представлена функционально-логическая модель диагностики электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым» на базе двигателя внутреннего сгорания ВАЗ-21127. Модель описывает связи между входными сигналами датчиков, логикой электронного блока управления и исполнительными механизмами, обеспечивая минимизацию тестов для оперативного выявления отказов по OBD-протоколам.*

***Ключевые слова:** электронный блок управления, функционально-логическая модель, диагностирование, Родстер Крым, код неисправности, микропроцессорная система зажигания, режим диагностирования*

**Для цитирования:** Быков, В. В. Разработка функционально-логической модели для диагностирования электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым» / В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Road Institute. – 2025. – № 4(55). – С. 42–49. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19914840>.

### **Введение**

Уровень автомобилизации мирового современного общества предъявляет повышенные требования к надежности автотранспортных средств, к обеспечению технико-экономических свойств и к снижению техногенного воздействия, прежде всего – выбросов вредных веществ в окружающую среду. Требования к экологической безопасности автомобиля в мировой практике сформулированы рядом законодательных актов. Мировое автомобилестроение в настоящее время отказалось от использования несовершенных систем питания двигателей внутреннего сгорания и использует электронные системы управления режимами работы двигателя внутреннего сгорания. Электронная система управления двигателем (далее – ЭСУД) состоит из датчиков параметров состояния двигателя и автомобиля, контроллера и исполнительных устройств. С целью повышения качества, топливной экономичности, экологической чистоты и конкурентоспособности вновь создаваемых автомобилей, таких как «Родстер Крым», их оснащают двигателями с современными электронными системами управления.

### **Анализ публикаций**

Основные разработки, учитывающие методику диагностирования ЭСУД, которые позволяют сократить трудоёмкость работ и затраты на поддержание автомобилей в технически исправном состоянии, представлены в работах Нгуен Минь Тиена [1], В. В. Кострицкого [2], Ю. В. Баженова [3] и др. Но в настоящее время до конца не решена проблема диагностирования вновь создаваемых автомобилей на базе отечественных компонентов, особенно для кастомных ЭСУД.

### **Цель исследования**

Разработка функционально-логической модели диагностики электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым» для повышения эффективности диагностики ЭСУД, позволяющая оперативно выявлять неисправности через логические связи параметров датчиков, исполнительных механизмов и алгоритмов управления двигателем.

### **Общие сведения об ЭСУД автомобиля «Родстер Крым»**

Студенческое конструкторское бюро «АДИ\_Тех» Автомобильно-дорожного института (филиала) ДонНТУ в г. Горловка работает над созданием автомобиля «Родстер Крым» с использованием электронного блока управления двигателем научно-производственного предприятия «ИТЭЛМА».

«Родстер Крым» комплектуется двигателем ВАЗ-21127 объемом 1,6 л с мощностью до 102,97 кВт, интегрированным с 5-ступенчатой механической коробкой передач от Lada Kalina 2, где ЭСУД аналогична системам ВАЗ с ЭСУД Bosch [4] или Январь (итерации проекта могут включать турбомоторы НАМИ до 220,65 кВт). Диагностика электронного блока управления (ЭБУ) проводится по OBD-протоколам, с проверкой синхронизации датчика положения коленчатого вала, параметров иммобилайзера и кислородного датчика (лямбда-зонда) регулирования смеси [5]. Диагностика в АДИ ДонНТУ производится с помощью планшетного сканера LAUNCH X431 PRO V5.0 с операционной системой Android, предназначенного для тестирования электронных систем автомобилей, проведения сервисных процедур, кодирования и адаптаций, двустороннего управления исполнительными механизмами.

На рисунке 1 приведена схема расположения основных элементов и датчиков электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым».



1 – датчик положения коленчатого вала (ДПКВ); 2 – электронный блок управления;  
3 – датчик скорости автомобиля (ДСА); 4 – датчик температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ); 5 – управляющий датчик кислорода (УДК)

Рисунок 1 – Схема расположения основных элементов электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым»

### **Разработка диагностической модели ЭСУД**

Как известно, для анализа диагностических сигналов, разработки метода и алгоритмов диагностирования необходимым условием является построение диагностической модели.

Рассматривая ЭСУД как аналого-дискретную электронную систему, естественно выделить три основных уровня моделей, которые применяются [6, 7] при моделировании электрических процессов в аналоговых и гибридных устройствах: в виде электрической цепи; структурно-функциональные; функциональные. Используются также комбинированные электронные системы моделями разных уровней.

Модели первого уровня позволяют получать наиболее точные и глубокие сведения о протекании электрических процессов в электронной системе управления двигателем. ЭСУД

представлена в виде электрической цепи, элементами которой являются резисторы, конденсаторы, элементы индуктивности, микросхемы, транзисторы, источники напряжений и токов. Диоды, транзисторы, источники внешних воздействий, трансформаторы, микросхемы и другие компоненты представлены эквивалентными схемами замещения. Для полученной модели электрической цепи с использованием законов Кирхгофа и Ома составляется система уравнений, описывающая электрические процессы в этой цепи.

В качестве неисправностей цепи обычно рассматривают обрывы и короткие замыкания отдельных ее элементов, уход параметров элементов за пределы установленных допусков. В функционально-логической модели ЭСУД ВАЗ-21127 «Родстер Крым» это интегрируется в Simulink для анализа цепей датчика абсолютного давления (ДАД)/управляющего датчика кислорода, минимизируя тесты по OBD.

Основной недостаток моделей первого уровня, с точки зрения их использования для моделирования электронных блоков, построенных на интегральных микросхемах большой степени интеграции, обусловлен высокой трудоемкостью построения необходимых систем уравнений и их анализом.

Функциональные модели являются моделями третьего, высокого уровня. При построении такой модели устройство рассматривается как «черный ящик», для которого неизвестны внутренняя структура, но определены внешние входы и выходы, а также некоторые внутренние параметры, характеризующие состояние устройства. Функционирование устройства описывается передаточной функцией, позволяющей вычислить выходные сигналы для заданных входных воздействий и внутренних параметров. Передаточная функция может быть представлена системой алгебраических, дифференциальных, логических уравнений и неравенств или их композицией.

Значения коэффициентов в уравнениях определяются значениями внутренних параметров. Под неисправностями в функциональной модели обычно понимают отклонение коэффициентов уравнений за установленные допустимые пределы [8].

На этапах производства, эксплуатации и ремонта автомобиля, при проведении диагностирования, требуется указать место неисправности с точностью до блока или элемента, подлежащего замене. В таких случаях функциональная модель, как правило, не используется, так как она не отражает структуру диагностируемого устройства. Промежуточное положение между моделями первого и третьего уровней занимают структурно-функциональные модели. Они особенно эффективны при решении задач диагностирования современных устройств, построенных на интегральных микросхемах. К таким моделям относится функционально-логическая модель, позволяющая устанавливать взаимосвязь между состоянием объекта диагностирования и результатами контроля ее структурных единиц (блоков) [9].

Построение функционально-логической модели объектов диагностирования основывается на ряде требований [10]:

- 1) каждый блок модели может иметь только один выход, который может быть соединен с любым количеством входов других блоков. Если имеются блоки, у которых контролируется более одного выхода, то такие блоки необходимо разбить на несколько блоков по числу контролируемых выходов и у каждого блока оставить только те выходы, которые формируют данный выход;
- 2) выходы различных блоков не могут быть объединены;
- 3) для каждого блока известны допустимые значения выходного и входных сигналов, а также способ их контроля;
- 4) недопустимые значения (значения вне диапазона) хотя бы одного входного сигнала приводит к появлению недопустимого выходного сигнала;
- 5) если выходной сигнал некоторого функционального блока является входным для другого функционального блока, то допустимые значения этих сигналов совпадают;
- 6) цепи связи между функциональными блоками (если они не выделены в отдельный блок) абсолютно надежны;

7) связи между блоками модели должны соответствовать принципиальной схеме объекта диагностирования;

8) функциональный блок считается работоспособным, если при допустимых входных воздействиях выходной сигнал находится в пределах допуска.

Представление ЭСУД в виде функционально-логической модели обеспечивает необходимое разрешение в отношении локализации неисправностей в ЭСУД до съемного блока в условиях эксплуатации. При этом определение технического состояния ЭБУ и принятие решения о его работоспособности является наиболее трудоемкой частью процесса диагностирования ЭСУД.

Для построения функционально-логической модели ЭБУ, т. е. разбиения его на функциональные блоки с организацией необходимых связей между блоками, следует дополнительно руководствоваться алгоритмом функционирования ЭБУ.

Как объект технического диагностирования ЭБУ можно представить конечной динамической системой, преобразования в которой происходят в дискретные моменты времени. Такие динамические системы являются последовательными автоматами с конечным числом состояний [10, 11].

Известно, что последовательный автомат является математической моделью для описания последовательной функции, т. е. функции, значение которой зависит не только от текущих, но и от предыдущих значений входных переменных.

При этом автомат реализует последовательностную функцию в том смысле, что множество входных сигналов отображается с помощью этой функции на множество выходных сигналов, а способ реализации этой функции отображается в алгоритме функционирования автомата. Анализ алгоритма функционирования ЭБУ показывает, что он является информационной основой, на базе которой наиболее целесообразно производить построение диагностической модели.

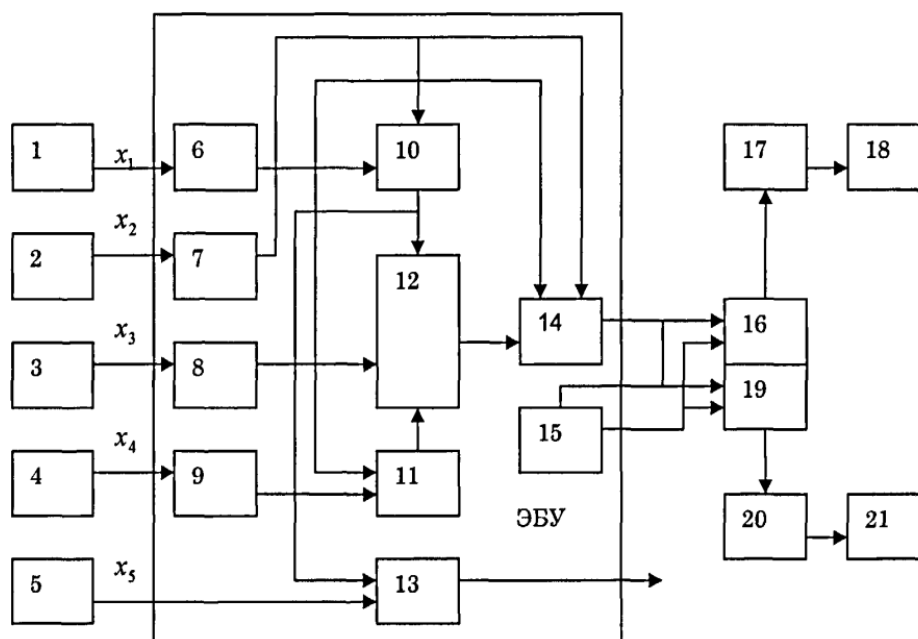
Это связано, прежде всего, с тем, что реализация алгоритма функционирования строго регламентирована во времени и по углу поворота коленчатого вала (КВ) носит периодический характер. Следовательно, предоставляется возможным сопоставить моменты времени или углы поворота коленвала двигателя, в которые ЭБУ производит вычисление кодов  $n$ ,  $P$ ,  $T$  (частоты вращения КВ; величины разрежения за дросселем; температуры охлаждающей жидкости), вычисление углового положения КВ, соответствующего  $\varphi_{изу}$  (углу опережения зажигания постоянного запоминающего устройства).

При этом алгоритм функционирования позволяет разбить принципиальную схему ЭБУ на ряд блоков, которые ответственны за соответствующие процессы вычисления. В состав этих блоков входят функционально связанные алгоритмы работы элементов схемы ЭБУ (микросхемы и другие элементы). Реализация алгоритма функционирования целиком связана с техническим состоянием соответствующих блоков.

ЭСУД «Родстер Крым» представлена в виде двух функционально связанных подсистем: информационно-измерительной (датчики ДАД, УДК, ДПКВ, ДТОЖ) и управляющей (ЭБУ ВАЗ-21127 с алгоритмами коррекции лямбда-зонда, форсунок, системы зажигания). Микропроцессорная система зажигания, как часть ЭСУД ВАЗ-21127, представлена в виде двух функционально связанных подсистем микропроцессорной системы зажигания: подсистемы генерации импульса зажигания и подсистемы формирования сигнала управления моментом этой генерации. Подсистема генерации импульса зажигания состоит из электронного коммутатора зажигания, катушек зажигания со свечами и высоковольтными проводами. Подсистема формирования сигнала управления моментом генерации импульса зажигания состоит из микропроцессорного блока управления, датчиков начала отсчета, угловых импульсов, температуры охлаждающей жидкости, концевого выключателя дроссельной заслонки.

Анализ процессов функционирования и алгоритмов работы каждой из подсистем позволил разработать в АДИ ДонНТУ диагностическую модель ЭСУД для микропроцессорной системы зажигания. В силу аналого-дискретного характера построения ЭСУД диагностиче-

скую модель данной системы зажигания наиболее целесообразно представить в виде функционально-логической модели (рисунок 2).



1 – датчик начала отсчета, 2 – датчик угловых импульсов, 3 – датчик температуры охлаждающей жидкости, 4 – концевой выключатель дроссельной заслонки, 5 – датчик абсолютного давления, 6 – формирователь сигнала датчика начала отсчета, 7 – формирователь сигнала датчика угловых импульсов, 8 – формирователь сигнала датчика температуры, 9 – формирователь сигнала датчика разрежения, 10 – блок измерения частоты вращения КВ, 11 – блок измерения величины разрежения (давления), 12 – блок постоянного запоминающего устройства, 13 – блок управления ЭСУД, 14 – блок вычисления углового положения КВ, 15 – блок формирования сигнала выбора каналов, 16 – электронный коммутатор зажигания (1 канала), 17 – катушка зажигания (1 и 4 цилиндров), 18 – провода и свечи (1 и 4 цилиндров), 19 – электронный коммутатор зажигания (2 канала), 20 – катушка зажигания (2 и 3 цилиндров), 21 – провода и свечи (2 и 3 цилиндров)

Рисунок 2 – Функционально-логическая модель ЭСУД

В силу того, что ЭБУ осуществляет логическую переработку информации (т. е. ЭБУ – цифровое устройство), целесообразно сопоставить выходу каждого блока модели ЭБУ соответствующий параметр ( $a_1, a_2, \dots, a_7$ ), характеризующий его техническое состояние.

Непосредственное измерение параметров функциональных блоков ЭСУД в составе системы и в условиях эксплуатации не всегда возможно. В частности, это касается параметров  $a_1, a_2, \dots, a_7$  ЭБУ. Следовательно, допустимыми для измерения являются входные и выходные сигналы блоков ЭСУД, по которым необходимо определять их техническое состояние. Для обеспечения достоверности такого диагноза необходимо установить количественную взаимосвязь между контролируемыми выходными параметрами и параметрами функциональных блоков ЭСУД, изменение состояния которых непосредственно связано с появлением неисправностей в них.

### Заключение

Разработанная функционально-логическая модель диагностики ЭСУД «Родстер Крым» позволяет сократить время локализации неисправностей на 30–40 % за счет анализа связей датчиков (ДПКВ, ДТОЖ, ДАД) ЭБУ ВАЗ-21127 и актуаторов, минимизируя тесты по ОВД-протоколам.

*Работа выполнена за счёт средств федерального бюджета.*

## Список литературы

1. Нгуен, М. Т. Диагностическая ценность технического состояния электронных систем управления двигателем автомобиля / М. Т. Нгуен, Ч. К. Ле // Молодой ученый. – 2017. – № 37(171). – С. 10–19.
2. Кострицкий, В. В. Повышение эффективности диагностирования электронных систем управления двигателем / В. В. Кострицкий, А. В. Павченко // Инновационные технологии в машиностроении : электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию машиностроительных специальностей и 15-летию научно-технологического парка Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 21–22 апреля 2020 г. / Полоцкий гос. ун-т ; под. ред. : В. К. Шелега; Н. Н. Попок. – Новополоцк, 2020. – С. 180–183.
3. Баженов, Ю. В. Эффективность внедрения диагностирования электронных систем управления двигателем при регламентном обслуживании автомобилей / Ю. В. Баженов // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 1–2. – С. 11–17.
4. Otto-Management. Ausgabe 25 / Robert Bosch GmbH. – 2003. – С. 53.
5. Система управления двигателем ВАЗ-2111 (1,5 л 8 кл.) с распределенным впрыском топлива под нормы токсичности ЕВРО-2 (контроллер МР7.0Н «Bosch»): Устанавливается на моделях: ВАЗ-2111; ВАЗ-21102; ВАЗ-21083; ВАЗ-21093; ВАЗ-21099 : руководство по техническому обслуживанию и ремонту / Акционерное о-во «АвтоВАЗ». – Санкт-Петербург : ПетерГранд, 2000. – 96 с. – ISBN 5-8051-0017-7.
6. Ютт, В. Е. Анализ протоколов передачи данных ЭСАУ / В. Е. Ютт, Г. Е. Рузавин // Автотракторное электрооборудование. – 2004. – № 7. – С. 56–78.
7. ISO 15031-5:2015. Road vehicles – Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics. Part 5: Emissions-related diagnostic services = Транспорт дорожный. Связь между автомобилями и наружным оборудованием для диагностики выбросов автомобиля в окружающий воздух. Часть 5. Службы диагностики выбросов : дата введения 28.07.2015 / Технический Комитет : ISO/TC 22/SC 31. – 3-е изд. – Женева, 2015. – 140 с. – Текст : электронный // ISO : [сайт]. – URL: <https://www.iso.org/standard/66368.html> (дата обращения: 02.12.2025).
8. ISO 15765-2:2024 Road vehicles – Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) Part 2: Transport protocol and network layer services = Дорожные транспортные средства. Диагностическая связь через сеть контроллеров (DoCAN). Часть 2. Транспортный протокол и сервисы сетевого уровня : дата введения 05.04.2024 / Технический Комитет : ISO/TC 22/SC 31. – 4-е изд. – Женева, 2024. – 47 с. – Текст : электронный // ISO : [сайт]. – URL: <https://www.iso.org/standard/84211.html> (дата обращения: 03.12.2025).
9. ISO 14230-4:2000. Road vehicles – Diagnostic systems – Keyword protocol 2000. Part 4: Requirements for emission-related systems = Транспорт дорожный. Системы диагностического контроля. Протокол ключевых слов 2000. Часть 4. Требования к системам, связанным с выбросами : дата введения 01.06.2000 / Технический Комитет : ISO/TC 22/SC 31. – 3 с. – Женева, 2000. – Текст : электронный // ISO : [сайт]. – URL: <https://www.iso.org/standard/28826.html> (дата обращения: 04.12.2025).
10. Рузавин, Г. Е. Предпосылки создания и дальнейшее развитие диагностических протоколов электронных систем автоматического управления автомобилем / Г. Е. Рузавин, М. В. Ютт // Материалы Международной конференции и Российской научной школы. – Москва : Радио и связь, 2004. – С. 42–45.
11. Системы управления бензиновыми двигателями : [Ottomotor-Management] / Robert Bosch ; пер. с нем. [Н. Панкратова] ; [гл. ред. М. Бирюков]. – 1-е изд. – Москва : За рулем, 2005. – 431 с. – (Автомобильная техника). – ISBN 5-9698-0025-2.

## References

1. Nguen M. T. Diagnostic Value of the Technical Condition of Electronic Engine Control Systems of a Car. M. T. Nguyen, Ch. K. Le. Molodoi uchenyi. [Young Scientist]. 2017. № 37(171). Pp. 10–19. (In Russ.)
2. Kostritskii V. V. Improving the Efficiency of Diagnostics of Electronic Engine Control Systems. V. V. Kostritskii, A. V. Pavchenko. Innovatsionnye tekhnologii v mashinostroenii : ehlektronnyi sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi 50-letiyu mashinostroitel'nykh spetsial'nostei i 15-letiyu nauchno-tekhnologicheskogo parka Polotskogo gosudarstvennogo universiteta, Novopolotsk, 21–22 aprelya 2020 g. Polotskii gos. un-t ; pod. red. : V. K. Shelega; N. N. Popok. Novopolotsk, 2020. [Innovative Technologies in Mechanical Engineering: Electronic Collection of Proceedings of the International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 50th Anniversary of Mechanical Engineering Specialties and the 15th Anniversary of the Scientific and Technological Park of Polotsk State University, Novopolotsk, April 21–22, 2020. Polotsk State University; ed. by: V. K. Shelega; N. N. Popok. Novopolotsk, 2020]. Pp. 180–183. (In Russ.)
3. Bazhenov Yu. V. Efficiency of Implementing Diagnostics of Electronic Engine Management Systems During Routine Vehicle Maintenance. Vestnik Altaiskoi akademii ehkonomiki i prava. [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]. 2019. № 1–2. Pp. 11–17. (In Russ.)
4. Otto-Management. Ausgabe 25. Robert Bosch GmbH. 2003. P. 53. (In Eng.)

5. Engine management system for VAZ-2111 (1.5 l 8 valve) with distributed fuel injection meeting EURO-2 emission standards (controller MP7.0H Bosch): Installed on models: VAZ-2111; VAZ-21102; VAZ-21083; VAZ-21093; VAZ-21099: Maintenance and repair manual. AvtoVAZ Joint Stock Company. Saint Petersburg : PeterGrand, 2000. 96 p. ISBN 5-8051-0017-7. (In Russ.)
6. Yutt, V. E. Analysis of Data Transmission Protocols of the ESAU. V. E. Yutt, G. E. Ruzavin. Avtotraktornoe ehlektrooborudovanie. [Automotive and tractor electrical equipment]. 2004. № 7. Pp. 56–78. (In Russ.)
7. ISO 15031-5:2015. Road vehicles – Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics. Part 5: Emissions-related diagnostic services : Date of introduction 28.07.2015. Technical Committee : ISO/TC 22/SC 31. 3rd ed. Geneva, 2015. 140 p. ISO : [website]. (In Eng.) URL: <https://www.iso.org/standard/66368.html>
8. ISO 15765-2:2024 Road vehicles – Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) Part 2: Transport protocol and network layer services : Date of introduction 05.04.2024. Technical Committee : ISO/TC 22/SC 31. 4th ed. Geneva, 2024. 47 p. ISO : [website]. (In Eng.) URL: <https://www.iso.org/standard/84211.html>
9. ISO 14230-4:2000. Road vehicles – Diagnostic systems – Keyword protocol 2000. Part 4 : Requirements for emission-related systems : Date of introduction 01.06.2000. Technical Committee : ISO/TC 22/SC 31. 3 p. Geneva, 2000. ISO : [website]. (In Eng.) URL: <https://www.iso.org/standard/28826.html>
10. Ruzavin G. E. Prerequisites for the Creation and Further Development of Diagnostic Protocols for Electronic Automatic Control Systems. G. E. Ruzavin, M. V. Yutt. Proceedings of the International Conference and the Russian Scientific School. Moscow : Radio and Communications, 2004. Pp. 42–45. (In Russ.)
11. Gasoline Engine Management Systems: [Ottomotor-Management]. Robert Bosch; translated from German by [N. Pankratova]; [editor-in-chief M. Biryukov]. 1st ed. – Moscow : Za Rulem, 2005. 431 p. (Automotive equipment). ISBN 5-9698-0025-2. (In Russ.)

*Статья поступила 08.12.2025*

© В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова, 2025  
Рецензент: Н. И. Мищенко, д-р техн. наук, проф.,  
Автомобильно-дорожный институт  
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка

***В. В. Быков, Р. О. Фомкин, С. В. Егорова***

#### **Разработка функционально-логической модели для диагностирования электронной системы управления двигателем автомобиля «Родстер Крым»**

Проанализированы существующие подходы к моделированию электронных систем (модели электрических цепей, структурно-функциональные и функциональные модели) и обоснован выбор функционально-логической модели как оптимального промежуточного уровня. Разработана функционально-логическая модель для диагностирования неисправностей электронной системы управления двигателем (ЭСУД) автомобиля «Родстер Крым», построенная на базе двигателя VAZ-21127 и электронного блока управления НПП «ИТЭЛМА», которая позволяет установить взаимосвязь между состоянием объекта диагностирования и результатами контроля его структурных единиц (блоков) с необходимой для эксплуатации точностью локализации неисправности до заменяемого блока.

Представлена сама модель, в которой ЭСУД «Родстер Крым» разбита на функционально связанные подсистемы: информационно-измерительную (датчики положения коленчатого вала, температуры, абсолютного давления, кислорода) и управляющую (электронный блок управления с алгоритмами управления форсунками, зажиганием и коррекции по лямбда-зонду). Модель детально описывает логические и функциональные связи между этими блоками, что позволяет систематизировать диагностические процедуры.

Разработанная модель позволяет оптимизировать процесс диагностики, что сокращает время локализации неисправностей в ЭСУД на 30–40 % за счет минимизации количества необходимых тестовых проверок по OBD-протоколам через целенаправленный анализ логических связей в модели. Это позволяет быстро выявлять проблемные узлы по кодам неисправностей и отклонениям в работе датчиков и исполнительных механизмов.

Таким образом, представленная функционально-логическая модель служит эффективным инструментом для оперативной диагностики ЭСУД, обеспечивая быстрое выявление отказов за счет системного анализа взаимодействия компонентов системы, а также структурированного и логически обоснованного процесса диагностики ЭСУД.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ДИАГНОСТИРОВАНИЕ, РОДСТЕР КРЫМ, КОД НЕИСПРАВНОСТИ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ, РЕЖИМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

***V. V. Bykov, R. O. Fomkin, S. V. Egorova***

#### **Development of the Functional-logical Model for Diagnosing the Electronic Engine Control System of the "Roadster Crimea" Car**

The existing approaches to modelling electronic systems (electrical circuit models, structural-functional and functional models) are analyzed and the choice of the functional-logical model as an optimal intermediate level is substantiated. The functional-logical model is developed for diagnosing faults in the electronic engine control system

(EECS) of the "Roadster Crimea" car, built on the basis of the VAZ-21127 engine and the electronic control unit of the SPE ITELMA, which makes it possible to establish a relationship between the state of the diagnostic object and the results of monitoring its structural units (blocks) with the accuracy of localizing the fault to the replaceable block required for operation.

The model itself is presented, in which the "Roadster Crimea's" EECS is divided into functionally interconnected subsystems: the information-measuring subsystem (crankshaft position, temperature, absolute pressure, and oxygen sensors) and the control subsystem (the electronic control unit with algorithms for injector control, ignition, and lambda probe correction). The model describes in detail the logical and functional relationships between these subsystems, allowing for systematization of diagnostic procedures.

The developed model allows for optimization of the diagnostic process, which reduces the time for localizing faults in the EECS by 30–40 % by minimizing the number of necessary test checks according to OBD protocols through targeted analysis of logical connections in the model. This allows you to quickly identify problematic components based on error codes and deviations in the operation of sensors and actuators.

Thus, the presented functional-logical model serves as an effective tool for the operational diagnostics of the EECS, ensuring the rapid identification of failures through a systemic analysis of the interaction of system components, as well as a structured and logically sound process for diagnosing the EECS.

ELECTRONIC CONTROL UNIT, FUNCTIONAL LOGIC MODEL, DIAGNOSTICS, ROADSTER CRIMEA, FAULT CODE, MICROPROCESSOR IGNITION SYSTEM, DIAGNOSTIC MODE

#### Сведения об авторах:

##### **Быков Валерий Васильевич**

Кандидат технических наук, доцент

Декан Дорожно-транспортного факультета, доцент кафедры «Автомобильный транспорт» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 8378-0977

Телефон: +7 949 301-98-53

Эл. почта: bykov\_v\_v\_59@mail.ru

##### **Фомкин Родион Олегович**

Аспирант, ассистент кафедры «Автомобильный транспорт» Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация,

SPIN-код РИНЦ: 8653-3378

Телефон: +7 949 315-47-98

Эл. почта: mr.rydik2002@mail.ru

##### **Егорова Софья Вадимовна**

Студент Автомобильно-дорожного института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, Российская Федерация

#### Authors' information:

##### **Bykov Valerii Vasilievich**

Candidate of Technical Sciences, Docent,

Dean of the Faculty "Road and Transport", Associate Professor of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 8378-0977

Phone: +7 949 301-98-53

Email: bykov\_v\_v\_59@mail.ru

##### **Fomkin Rodion Olegovich**

Graduate student, Assistant of the Chair "Automobile Transport" of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation,

RSCI SPIN: 8653-3378

Phone: +7 949 315-47-98

Email: mr.rydik2002@mail.ru

##### **Egorova Sofia Vadimovna**

Student of Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University" in Gorlovka, DPR, Russian Federation