



СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

УДК 62.91, 62.791

DOI: 10.31799/2077-5687-2023-4-3-11

ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ СИСТЕМНОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ДВИГАТЕЛЯ

А. С. Афанасьев, Л. П. Астахов

Санкт-Петербургский горный университет

В статье рассматриваются вопросы влияния логики мультиплексной системы на диагностирование двигателя. Мультиплексная система автомобиля, представляющая собой электронные блоки управления, объединенные посредством CAN-шины, имеет свою логику порядка и приоритета обмена данными. С развитием научно-технического прогресса становится труднее определить неисправность, так как системное диагностирование двигателя проводится путем считывания информации с блоков, однако из-за постоянного обмена данными сложно найти неисправность и выявить её причину. Сложность логической архитектуры мультиплексной системы не позволяет отследить неисправность без учета её (системы) логической схемы. В данной работе приведена оценка степени влияния логики мультиплексной системы на системное диагностирование автомобильного двигателя.

Ключевые слова: диагностирование техническое, структура логическая, диагностирование моторное, система диагностирования технического, объект диагностирования, алгоритм диагностирования, диагностирование системное, CAN-шина, мультиплекс.

Для цитирования:

Афанасьев, А. С. Логическая структура мультиплексной системы при системном диагностировании двигателя / А. С. Афанасьев, Л. П. Астахов // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 4(38). – с. 3 – 11. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-4-3-11.

THE LOGICAL STRUCTURE OF THE MULTIPLEX SYSTEM IN THE SYSTEM DIAGNOSTICS OF THE ENGINE

A. S. Afanasyev, L. P. Astakhov

St. Petersburg Mining University

The article discusses the influence of the logic of the multiplex system on the diagnosis of the engine. The multiplex system of the car, which is electronic control units connected via a CAN bus, has its own logic of the order and priority of data exchange. With the development of scientific and technological progress, it becomes more difficult to determine a malfunction, since the system diagnostics of the engine is carried out by reading from the information blocks, however, due to the constant exchange of data, it is difficult to find a malfunction and identify its cause. The complexity of the logical architecture of the multiplex system does not allow you to track the malfunction without taking into account its (system) logic circuit. This paper presents an assessment of the degree of influence of the logic of the multiplex system on the system diagnostics of an automobile engine.

Keywords: technical diagnostics, logical structure, motor diagnostics, technical diagnostics system, diagnostic object, diagnostic algorithm, system diagnostics, CAN bus, multiplex.

For citation:

Afanasyev, A. S. The logical structure of the multiplex system in the system diagnostics of the engine / A. S. Afanasyev, L. P. Astakhov // System analysis and logistics. – 2023. – № 4(38). – p. 3 – 11. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-4-3-11.

Введение

По мере развития и усовершенствования конструкции автомобилей, усложнялись и их бортовые сети. Автомобили оснащались всё большим количеством электрики, которую требовалось объединять в единую сеть, и уже к середине 1970-х годов в жгуты электропроводов увязывались сотни метров медных проводников, а автомобили могли соперничать с легкой авиацией по количеству электрических устройств. Рост потребности в проводах представлен на рисунке 1 [1].

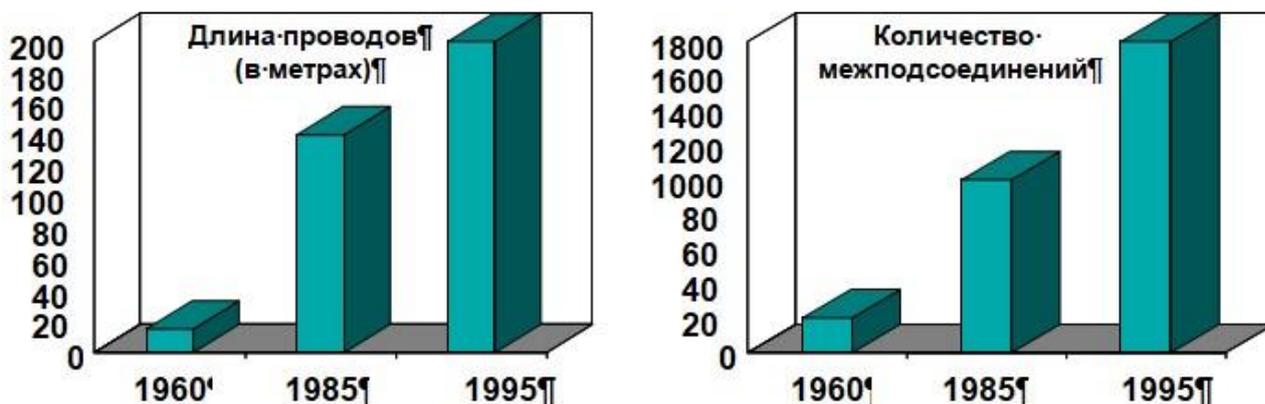


Рис. 1. Гистограммы потребности автомобилей в проводах и количестве соединений

Поэтому компании BOSCH и INTEL в начале 1990-х годов разработали сетевой CAN интерфейс (Controller Area Network) с целью создания бортовых систем мультипроцессоров, работающих в режиме реального времени. В электронике «шиной» принято называть проводную сеть, по которой передаются данные. В современных автомобилях управление системами осуществляется посредством электронных блоков управления (ЭБУ), соединенных друг с другом с помощью CAN-шины. Электронный блок управления представляет собой электронную вычислительную машину, производящую анализы данных, полученных от датчиков. По результатам анализов блок даёт команду исполнительным механизмам, с помощью которых производится управление режимами работы той или иной системы. Электронные блоки управления, датчики, исполнительные механизмы и CAN-шины в совокупности образуют собой мультиплексную систему. Данная система работает согласно заложенным протоколам, в которых, в свою очередь, заложена логика взаимодействия и обмена данными между всеми блоками, а также протоколы реагирования в определенных ситуациях. У разных марок и моделей автомобилей будут существенные различия в логике мультиплексной системы. Обычно при системном диагностировании посредством OBD-II считывается информация с блоков управления, в которых заложены данные об ошибке (при её наличии) и о параметрах работы агрегата/узла. Однако при данном диагностировании не учитывается логика мультиплексной системы, вследствие чего зачастую полученные результаты неверно интерпретируются, что значительно усложняет поиск неисправности. В данной статье раскрывается степень влияния логики мультиплексной системы на системное диагностирование двигателя.

ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА

Объектом является влияние логики мультиплексной системы на системное диагностирование двигателя.

Мультиплексная система (мультиплексаж) - принцип мультиплексажа в автомобилях заключается в том, что осуществляется циркуляция всей совокупности информационных данных между различными компьютерами автомобиля по нескольким проводам (одному или двум). Так называемая «шина» или «коммуникационная сеть» представляет собой электрическую цепь автомобиля с мультиплексными информационными данными, позволяющую вести «диалог» между компьютерами [1].

Системное диагностирование двигателя – диагностирование технического состояния двигателя посредством считывания данных с электронных блоков управления (электронного блока управления двигателем) и определения параметров, которыми руководствуется система в процессе эксплуатации.

Моторное диагностирование двигателя – определение технического состояния двигателя, посредством замера диагностических параметров с помощью стороннего



измерительного оборудования.

Таким образом, в обоих случаях определяются одни и те же диагностические параметры, но при системном диагностировании проверяется информация, которая поступает в блок и которую он (блок) использует при управлении двигателем, а при моторном – информация, которая отражает фактическое состояние среды.

Электронный блок управления двигателем представляет собой программируемое электронное устройство, которое является сочетанием аппаратного и программного обеспечения. Блок имеет на своей плате несколько типов памяти:

- постоянная память, в которой содержатся базовые микропрограммы и записаны ключевые параметры для нормальной работы ДВС;
- оперативная память, которая позволяет блоку управления динамично обрабатывать поступающие данные от датчиков, а также кратковременно сохранять определенные результаты [2].

Внешний вид электронного блока управления двигателем представлен на рисунке 2 [2].

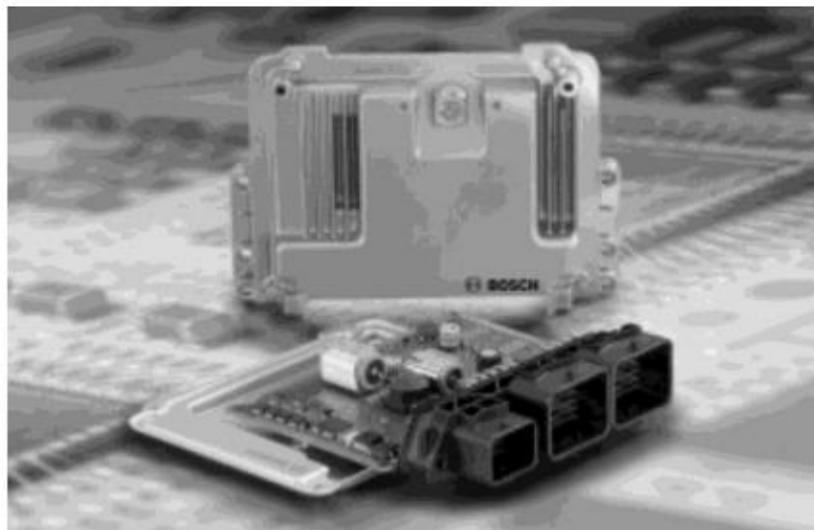


Рис. 2. Внешний вид электронного блока управления двигателем

Блоки соединены между собой CAN-шиной (Controller Area Network), которая является промышленным стандартом сети, разработанным в 1986 году в компаниях Bosch и Intel. Этот стандарт разработан для обеспечения возможности элементам системы общаться друг с другом без общего хоста. Обмен информацией происходит посредством кодированных сигналов, которые состоят из полей идентификаторов, длины сообщения и данных. Каждый блок имеет свой набор идентификаторов.

Обмен всеми данными происходит по одному соединению, порядок передачи данных в котором определяется протоколом приоритезации, согласно которому больший приоритет имеет сигнал с меньшим идентификатором. Поле данных, в свою очередь несёт информацию о состоянии системы, датчиков либо команды исполнительным механизмам.

CAN-шина представляет собой витую пару медных проводников. Сигнал передается дифференциально, то есть по одному проводу передается высокий CAN-H (High) сигнал, а по другому низкий CAN-L (Low), а разница между этими сигналами является единицей информации бинарного кода. Подобный принцип позволяет обеспечить шину помехоустойчивостью, так как при воздействии на проводники помех значения сигналов с обоих проводников изменяются в равной степени, а разница остается неизменной. Передаваемый сигнал имеет форму, представленную на рисунке 3[1].

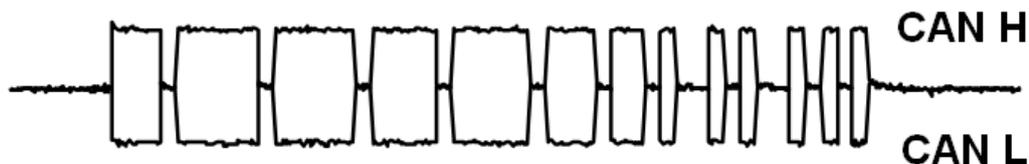


Рис. 3. Форма передаваемого CAN-сигнала

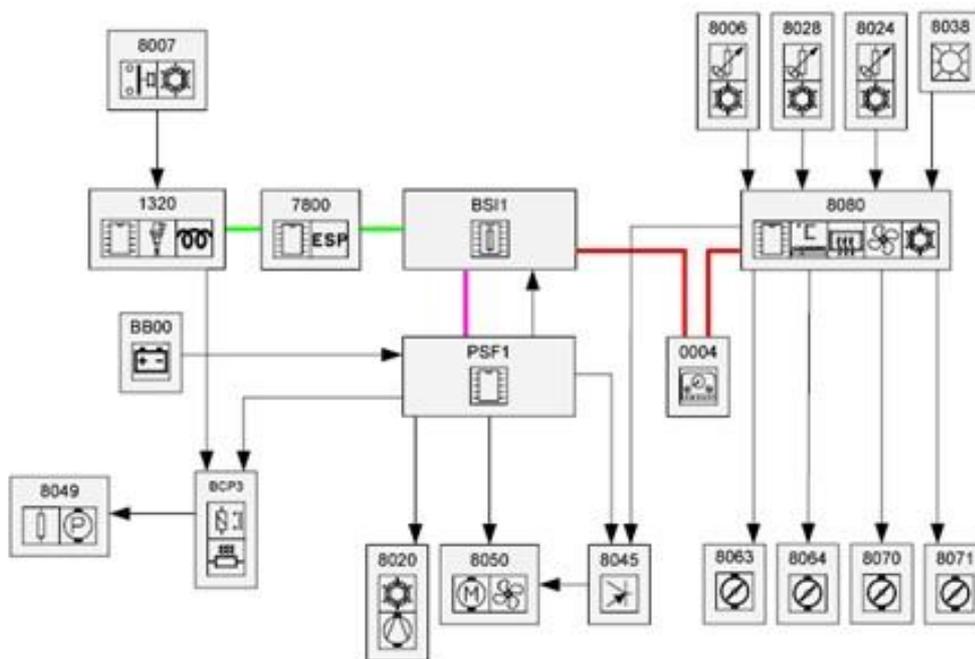
Для защиты данной шины от повреждения на концах устанавливается балансирующее сопротивление, благодаря которому блоки, входящие в связь с шиной данных, защищены от перегрузки [3].

В мультиплексной системе датчик соединен с ближайшим блоком и ему передает информацию. Другие блоки, нуждающиеся в информации с указанного датчика, запрашивают информацию у блока, к которому подключен датчик, после чего, согласно протоколу приоритизации происходит обмен данными и осуществляется команда исполнительным механизмам, что показано на примере системы климатизации на рисунке 4 [1].

Для управления двигателем блоку требуются данные о нескольких динамических параметрах, например:

- скорость коленчатого вала;
- угол положения распределительного вала;
- давление во впускном коллекторе;
- положение педали акселератора;
- масса поступившего в цилиндры воздуха;
- температура поступившего воздуха и т.д.

Все эти данные поступают в блок с датчиков и необходимы для управления двигателем. Однако, современный автомобиль оснащен множеством дополнительных вспомогательных систем, для управления которыми в автомобиль добавляются новые ЭБУ, которым, в свою очередь, необходимы данные с множества датчиков по всему автомобилю. Также разрабатываются аварийные протоколы, которые регулируют работу множества систем и агрегатов автомобиля в определенных ситуациях. Система постоянно усложняется, и на сегодняшний день при системном диагностировании двигателя необходимо диагностировать всю мультиплексную систему, а не только блок управления двигателем, так как все блоки представляют собой единую информационную систему, основанную на своей уникальной логике, которая отображена в протоколах.



Элемент	Назначение	Элемент	Назначение
BB00	Аккумуляторная батарея	8028	Терморезистор воздуха подаваемого на право
BCP3	Коммуникационный блок защиты 3 реле	8038	Датчик освещённости
BSI1	Электронный Блок Управления	8045	Модуль вентиляции воздуха
PSF1	Блок Управления Двигателем	8049	Сопротивление дополнительного подогрева
0004	Приборная панель	8050	Вентилятор воздуха
1320	Компьютер за контролем функционирования двигателя	8063	Моторедуктор правой заслонки смешивания
7800	Компьютер ESP	8064	Моторедуктор левой заслонки смешивания
8006	Терморезистор испарителя	8070	Моторедуктор заслонки подаваемого воздуха
8007	Реле давления	8071	Моторедуктор заслонки распределения
8020	Компрессор охлаждения	8080	Компьютер системы климатизации
8024	Терморезистор воздуха подаваемого на лево		

Рис. 4. Логическая схема системы климатизации

Таким образом, рождается логическая структура мультиплексной системы, так как блоки, датчики и исполнительные механизмы разных автомобилей имеют различную компоновку и соединены по-разному. На рисунках 5 и 6 представлены фрагменты логической структуры мультиплексной системы multifunctional экрана и приборной панели [1].

Мультиплексная система имеет ряд преимуществ и недостатков. К преимуществам относятся:

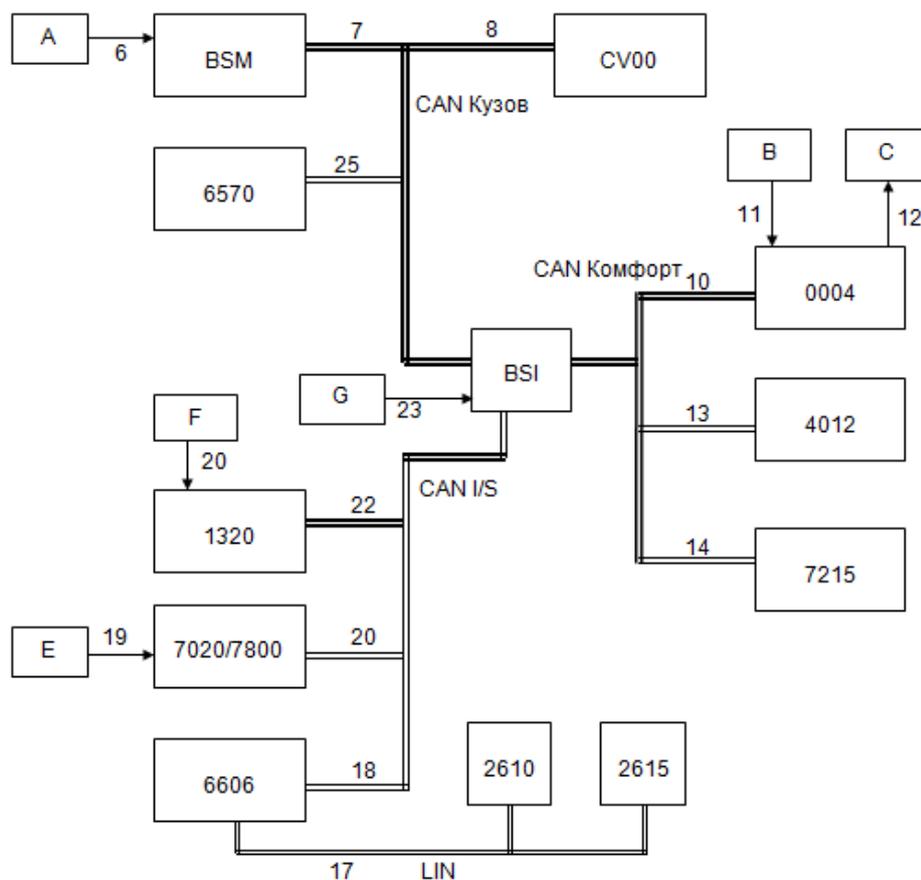
- значительное упрощение диагностирования исправности электроцепей;
- высокая совместимость с диагностическими устройствами;
- возможность диагностировать удаленно [4];



- высокая скорость передачи сообщений с автоматическим распределением скорости трансляции [5].

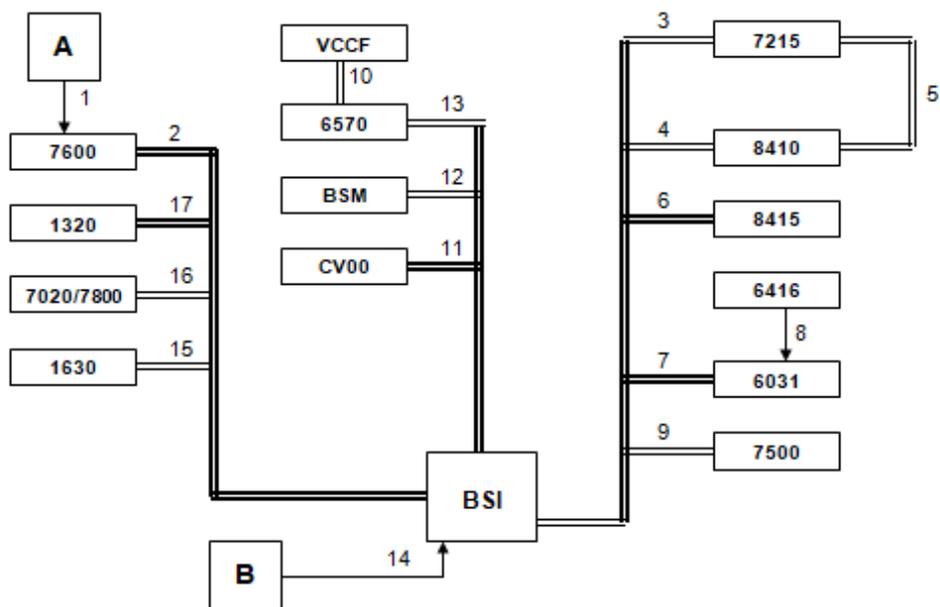
Среди недостатков стоит отметить:

- искажения передаваемой в шине информации, которая диагностировалась как отсутствие сообщений [5];
- угроза безопасности, так как, подключившись к мультиплексной системе через любой из компонентов можно получить контроль над всей системой [6];
- дефектность электрокомпонентов системы (подробнее в статье [7]);
- постоянное усложнение системы, в связи с чем, определить неисправность в двигателе становится проблематично, для этого необходимо учитывать логику системы, которая будет различаться даже у автомобилей одной марки и модели, так как они могут отличаться своей компоновкой и наличием, либо отсутствием тех или иных систем.



МЕХАНИЗМЫ			
BSI	Электронный Блок Управления	2615	Правая фара
BSM	Блок управления двигателем	6570	Компьютер подушек безопасности
CV00	Подрулевой коммутационный модуль	6606	Компьютер фар головного света
0004	Приборная панель	7215	Мультифункциональный экран
1320	Компьютер двигателя	7020 / 7800	Компьютер ABS и компьютер ESP
2610	Левая фара		

Рис. 5. Логическая структура фрагмента мультиплексной системы мультифункционального экрана



УСТРОЙСТВА	
A*	Модуль подкачки, устанавливаемый для каждого колеса (эмиттер)
B	Расход топлива / Контакт тормоза / Стояночный тормоз Инфо с датчика застёжки ремня безопасности* Инфо с датчика открытия двери / Инфо с датчика открытия багажника*
BSI	Электронный Блок Управления
BSM	Блок управления двигателем
CV00	Подрулевой коммутационный модуль
VCCF	Фиксированный централизованный руль управления
1320	Компьютер двигателя
1630*	Компьютер АКПП
6031	Двигатель + программируемый правый блок LV
6416	Правое зеркало заднего вида
6570	Компьютер подушек безопасности
7215	Мультимедийный экран
7500*	Компьютер по облегчению паркинга
7600*	Модуль подкачки
7020 / 7800	Компьютер АБС / компьютер ESP
8410	Автомобильное радио
8415*	CD - ченджер

Рис. 6. Логическая структура фрагмента мультиплексной системы приборной панели

В электронных блоках управления заложены протоколы на случай выхода из строя того или иного датчика. При отсутствии сигнала с датчика система пытается скорректировать работу в соответствии с данными, заложенными в памяти, и информирует водителя о наличии неисправности. По мере изнашивания датчика может постепенно меняться его сигнал (например, потенциометр), на который система будет реагировать непредсказуемым образом.

Таким образом, можно сделать вывод, что логическая структура мультиплексной системы сильно влияет на системное диагностирование двигателя, так как:

- информация от датчика подвергается неоднократному шифрованию;
- в системе заложены протоколы приоритезации и реагирования на определенные ситуации, в результате чего информация с датчика или команда исполнительному механизму может не поступать в пункт назначения в связи с тем, что на одном из



этапов передачи данных произошел сбой по сторонней причине. В результате чего в системе имеется достоверная информация, однако запрашивающие её блоки не могут получить эти данные;

- система не устанавливает причину неисправности, а лишь сигнализирует о ней в общем виде, то есть при поломке датчика скорости колеса, система выдаст ошибки в блоках управления: антиблокировочной системы, коробки передач, подвеской, двигателем и так далее;
- некоторые элементы системы получают управляющий сигнал не из блоков, а с исполнительных механизмов, так как это было заложено в логическую структуру.

В связи с указанными выше факторами можно сделать заключение о том, что логическая структура мультимплексной системы автомобиля оказывает прямое влияние на системное диагностирование двигателя, в результате чего, при системном диагностировании двигателя (а также иных агрегатов) следует диагностировать мультимплексную систему целиком, учитывая её логическую структуру.

Заключение

В современном автомобиле в связи с усложнением конструкции и оснащением дополнительными системами вопрос системного диагностирования двигателя следует рассматривать как диагностирование мультимплексной системы, так как отдельные её части в той или иной степени могут оказывать влияние на работу двигателя.

Из-за указанного выше влияния необходимо разрабатывать методики системного диагностирования двигателя. В алгоритмах новых методик должна быть учтена логическая структура мультимплексной системы автомобиля.

Направление разработок – индивидуализация методик, то есть под определенную марку и модель автомобиля с одной и той же компоновкой (а, следовательно, и одинаковыми мультимплексными структурами) следует разрабатывать индивидуальную методику.

При разработке указанных методик ожидается существенное сокращение времени, затрачиваемого на поиск неисправности, а также повышение качества диагностирования вследствие точного определения неисправности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ 00219056 v1. Педагогический стенд: MULTIPLEXAGE CAN HS, CAN LS, LIN.
2. Борщенко, Я. А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей: учеб. пособие / Я. А. Борщенко, В. И. Васильев. – Курган: Изд-во Курган. гос. ун-та, 2007. – 207 с.
3. Баулин, Н. К. К вопросу о развитии современных способов диагностирования сельскохозяйственной техники / Н. К. Баулин // Технические науки. – 2021. – №6 (58). – С. 34-39.
4. Афанасьев, А. С. Анализ разработок в сфере удаленного диагностирования на автомобильном транспорте / А. С. Афанасьев, П. В. Евстафьев, Д. В. Сигин // Системный анализ и логистика. – 2022. – №4(34) – С. 103-108. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-4-103-108.
5. Козловский, В. Н. Экспериментальные исследования помехоустойчивости канала управления скоростью, сап-шины современного автомобиля и электронного реле указателей поворота / В. Н. Козловский, П. А. Николаев, А. С. Подгорный, В. В. Дебелов, А. С. Саксонов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – №2. – С. 569-575.
6. Клиновенко, В. В. Автомобильная электроника и угроза ее информационной безопасности / В. В. Клиновенко, М. В. Колистратов // E-Scio. – 2021. – №9. – С. 202-210.



7. Крицкий, А. В. Анализ основных причин дефектности электрокомпонентов современных легковых автомобилей / А. В. Крицкий, В. Н. Козловский, Н. А. Антонова // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2023. – №4. – С. 430-440.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Афанасьев Александр Сергеевич –

Кандидат военных наук, профессор
Санкт-Петербургский горный университет
199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д. 2
E-mail: a.s.afanasev@mail.ru

Астахов Леонтий Павлович –

Студент
Санкт-Петербургский горный университет
199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д. 2
E-mail: astahovleon7@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Afanasyev Alexander Sergeevich –

Candidate of Military Sciences, Professor
St. Petersburg Mining University
2, Vasilievsky Island, Saint-Petersburg, 199106, Russia
E-mail: a.s.afanasev@mail.ru

Astakhov Leonty Pavlovich –

Student
St. Petersburg Mining University
2, Vasilievsky Island, Saint-Petersburg, 199106, Russia
E-mail: astahovleon7@gmail.com