

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

*На правах рукописи*

УДК 629.3.018

ПОЛЕЩУК  
Пётр Викторович

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ СБОЕВ  
ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание степени  
магистра технических наук

по специальности 1-38 80 04 – Технология приборостроения

Минск 2018

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ГРЕМЕНОК Валерий Феликсович**,  
доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией «Физики твердого тела» Государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению»

Рецензент: **БОНДАРИК Василий Михайлович**,  
кандидат технических наук, доцент, декан факультета доуниверситетской подготовки и профессиональной ориентации Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Защита диссертации состоится «26» января 2018 года в 9<sup>00</sup> часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, корп. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## ВВЕДЕНИЕ

Современный автомобиль чрезвычайно насыщен электронными системами, которые значительно улучшают его технические и эксплуатационные показатели. Обратная сторона этого процесса – растущая доля неисправностей электронных систем автомобиля по отношению к отказам механики, что особенно злободневно для нашего климатического региона, характеризующегося длительным зимним периодом эксплуатации автомобиля. Конечно, эта проблема, прежде всего, касается «немолодых», возраста 3...5 лет и более старых автомобилей.

Развитие элементной базы, усложнение программного обеспечения решаемых задач и ужесточение условий эксплуатации автомобильной техники, требует совершенствования существующих методов и поиска новых подходов в повышении надежности электронных систем. Т.к. автомобиль является потенциально опасным для человека объектом, то особое внимание должно быть уделено различным методам оценки работоспособности и состояния электронных средств автомобиля.

Большое значение при этом имеет возможность предсказания поведения исследуемых систем, путем оценки текущего состояния элементов автомобильной электроники. Особое значение имеет проблема как можно более раннего обнаружения начала опасного или аварийного развития событий посредством выявления сбойных и предсбойных состояний.

Проблемой диагностики сбоев в элементах автомобильной электроники в нашей стране, а так же и за рубежом занимаются со времен появления первых электронных компонентов в автомобилестроении, т.к. диагностика является неотъемлемой частью предотвращения сбоев, соответственно и повышения надежности автомобильных систем. Но проблема полностью не решена до наших дней. Более того, в последнее время этой проблеме уделяется повышенное внимание. Анализ отечественных и зарубежных исследований по данному вопросу показал, что существуют многочисленные методы контроля, направленные не на выявление и устранение источников сбоя, а на результаты их проявления, при этом устраняется не сама причина (в данном случае источник сбоев), а ее следствие (т.е. ошибка, вызванная сбоем), оставляя тем самым потенциальную возможность существования в аппаратуре скрытых дефектов.

Под сбоем понимают нарушение нормального функционирования аппаратуры вследствие кратковременных воздействий на некоторый элемент (или совокупность элементов) внешних и внутренних факторов.

Неисправность автомобиля редко возникает неожиданно. Симптомы неисправности авто проявляются постепенно, поэтому появление крупных неисправностей можно избежать, если вовремя найти способы их устранения.

Правильная диагностика неисправностей автомобиля составляет основу его ремонта, а так же позволит вовремя выявить и устранить неисправность.

Необходимость и актуальность исследования методов диагностики сбоев автомобильной электроники основывается на том факте, что двигатели и остальные системы современных автомобилей представляют собой сложнейшие электронные системы управления. Если из строя выходит какой-либо механизм или датчик, определить и локализовать такую поломку, не имея необходимого современного оборудования для проведения диагностики, практически невозможно. Точно так же, имея необходимое оборудование, но не имея знаний и опыта, обнаружить и устранить неисправность на современном автомобиле практически невозможно. Именно поэтому исследование актуальных методов оценки состояния автомобильной электроники является важным.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Необходимость и актуальность исследования методов диагностики сбоев автомобильной электроники основывается на том факте, что двигатели и остальные системы современных автомобилей представляют собой сложнейшие электронные системы управления. Если из строя выходит какой-либо механизм или датчик, определить и локализовать такую поломку, не имея необходимого современного оборудования для проведения диагностики, практически невозможно. Точно так же, имея необходимое оборудование, но не имея знаний и опыта, обнаружить и устранить неисправность на современном автомобиле практически невозможно. Именно поэтому важно использовать актуальные методы оценки состояния автомобильной электроники.

В связи с вышесказанным, исследование методов диагностики сбоев элементов автомобильной электроники является актуальным.

### **Степень разработанности проблемы**

Исследование методов диагностики сбоев элементов автомобильной электроники осуществлялось на основе построения теоретических моделей с использованием работ российских и белорусских, а так же зарубежных ученых: Фолкенберри Л.М., Лонгботтон Р., Хэмминг Р.В., Боуз Р., Тюнин А.А., Ключев В.В., Пархоменко П.П., Путинцев Н.Д., Добров В.В., Каган Б.М., Кафанов Ю.Н., Увайсов С.У., Семин В.Г., Гродзенский С.Я., Дианов В.Н, Ерохов В.И.

Одним из недостатков исследований, представленных в современной технической литературе, является рассмотрение особенностей методов диа-

гностики элементов автомобильной электроники без выделения более приоритетных, позволяющих быстрее определить неисправность.

Предложенное исследование направлено на устранение этого недостатка, основывается на исследовании методов диагностики автомобильной электроники, а так же сравнительной оценки каждого из них с выбором приоритетного.

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации является исследование методов диагностики сбоев элементов автомобильной электроники путем сравнения современных подходов, выбора и обоснования приоритетных методов диагностики.

Поставленная цель работы определяет следующие основные задачи:

1. Провести обзор и анализ современных методов диагностики элементов автомобильной электроники, моделей испытаний, оценки сбойных и предсбойных состояний.

2. Исследовать методы, алгоритмы диагностики, порядок проведения диагностики, технические средства диагностики.

3. Исследовать практические методы диагностики сбоев элементов автомобильной электроники.

### **Область исследования**

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-38 80 04 «Технология приборостроения».

### **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основу диссертации легли работы белорусских, российских и зарубежных ученых в области исследования методов диагностики сбоев элементов автомобильной электроники, а также анализ технических нормативных правовых актов по рассматриваемой тематике.

**Информационная база** исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

**Научная новизна** и значимость полученных результатов работы заключается в исследовании методов диагностики сбоев элементов автомобильной электроники, путем сравнения современных подходов, выбора и обоснования более приоритетных методов диагностики.

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Обоснование метода диагностики сбоев элементов автомобильной электроники, основанного на разработанных моделях сбоев, описывающих взаимосвязи между множеством возможных технических состояний элемента

и оптимальной совокупности диагностических симптомов, достаточных для однозначного определения причины сбоя.

2. Подход к оценке состояния, выявлению сбоев и предсбойных состояний элементов автомобильной электроники, позволяющий быстро определить актуальное состояние элемента автомобильной электроники с минимальным набором диагностических средств.

3. Экспериментальные исследования работы датчиков и исполнительных механизмов в режиме сбоя с использованием осциллографа, исследование их параметров, а так же критическая оценка состояния.

**Теоретическая значимость** работы заключается в детальном анализе методов диагностики сбоев элементов автомобильной электроники с учетом их особенностей.

**Практическая значимость** диссертации состоит в исследовании методов диагностики сбоев элементов автомобильной электроники, практическом обосновании более приоритетных методов диагностики.

### **Апробация и внедрение результатов исследования**

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на международной научно-практической конференции «Проблемы и приоритеты развития науки в XXI веке» (Смоленск, Россия, 2017 г.), а так же на XV международной научно-практической конференции «Вопросы современных научных исследований» (Омск, Россия, 2017 г.).

### **Публикации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 6 печатных работах. В их числе 3 статьи в рецензируемых журналах: научно-практический журнал «Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты», международный научно-практический сетевой журнал «Современные исследования», 3 статьи в сборниках материалов научных конференций.

Общий объем публикаций по теме диссертационной работы составляет 0,7 авторских листа.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

**В первой главе** приведен обзор современного состояния проблемы сбоев в элементах автомобильной электроники, рассмотрена теория диагностических испытаний, приведена классификация сбоев, а так же рассмотрены основные виды сбоев и их диагностические параметры. **Во второй главе** классифицированы методы и средства диагностирования, разработан оптимальный порядок диагностики сбоев элементов автомобильной электроники,

так же рассмотрены технические средства диагностики, определен минимальный набор диагностического оборудования с помощью которого возможно провести оценку технического состояния элементов автомобильной электроники. **В третьей главе** представлены практические результаты диагностики некоторых элементов автомобильной электроники, в виде осциллограмм снятых с обмоток системы зажигания автомобиля, в состояниях различной работоспособности. Приведены данные исследования, подтверждающие адекватность разработанного в предыдущих главах порядка и методов диагностики, доказывающие ценность данных исследований для построения ускоренного механизма поиска причин сбоев элементов автомобильной электроники. **В приложении** представлены публикации автора, акт внедрения и презентация.

Общий объем диссертационной работы составляет 74 страницы. Из них 47 страниц основного текста, 31 иллюстраций на 20 страницах, библиографический список из 46 наименований на 4 страницах, список собственных публикаций соискателя из 6 наименований на 1 странице, 3 приложения на 24 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы диагностики сбоев элементов автомобильной электроники, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

**В общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

Необходимость и актуальность исследования методов диагностики сбоев автомобильной электроники основывается на том факте, что двигатели и остальные системы современных автомобилей представляют собой сложнейшие электронные системы управления. Если из строя выходит какой-либо механизм или датчик, определить и локализовать такую поломку, не имея необходимого современного оборудования для проведения диагностики, практически невозможно. Точно так же, имея необходимое оборудование, но не имея знаний и опыта, обнаружить и устранить неисправность на современном автомобиле практически невозможно. Именно поэтому исследование актуальных методов оценки состояния автомобильной электроники является важным.

**В первой главе** приведен обзор современного состояния проблемы сбоев в элементах автомобильной электроники, рассмотрена теория диагностических испытаний, приведена классификация сбоев, а так же рассмотрены основные виды сбоев и их диагностические параметры. Определены взаимо-

связи между множеством возможных технических состояний элементов и оптимальной совокупности диагностических симптомов, необходимых и достаточных для определения сбоев.

Сбои в системе могут возникать в результате внешних воздействий оказывающих влияние на параметры отдельных элементов и устройств. К ним можно отнести всевозможные электромагнитные излучения, которые могут вызвать появление помех в цепях системы, колебание напряжения источников питания, температуры, влажности и т.д.

Так же сбои в системе могут возникать в результате внутренних воздействий, оказывающих влияние на параметры отдельных элементов и устройств. К ним можно отнести старение элементов, кратковременное отклонение параметров электрических контактов, появление помех за счет внутренних шумов электрических цепей и т.д.

На примере требований к однозначности показан смысл перечисленных требований к диагностическим параметрам (рисунок 1). Требование однозначности предусматривает соблюдение условия, при котором каждому значению структурного или функционального параметра соответствует единственное значение диагностического параметра. Так параметры кривых 1 и 2 не соответствуют критерию однозначности, а параметр кривой 3 - соответствует. Т.е. диагностическому параметру  $D_2$  могут соответствовать четыре различных значения структурного параметра ( $S^I_2, S^{II}_2, S^{III}_2, S^{IV}_2$ ), параметру  $D_1$  - два значения структурного параметра ( $S^I_1, S^{II}_1$ ), а любому диагностическому параметру  $D_3$  соответствует единственного значение структурного параметра  $S_3$ .

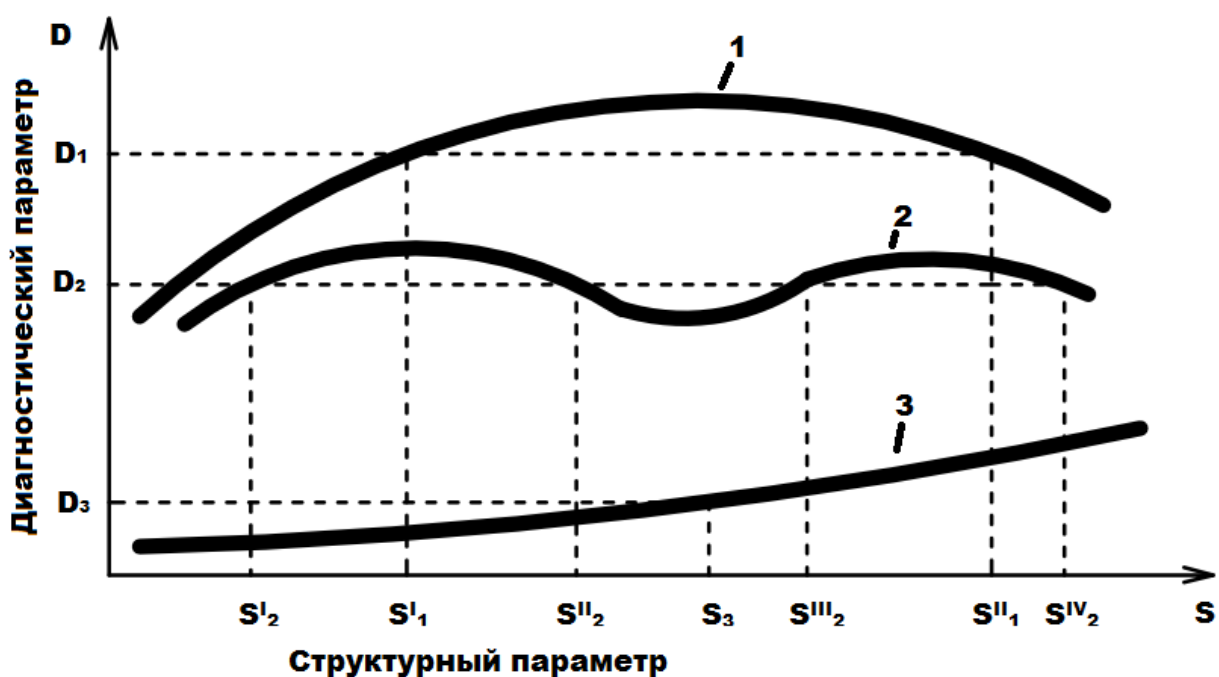


Рисунок 1– Графическая иллюстрация требований к однозначности диагностических параметров



Частные диагностические параметры независимо от других указывают на вполне определенную конкретную неисправность. Например, угол замкнутого состояния контактов определяет зазор в контактах прерывателя

Общие диагностические параметры характеризуют техническое состояние диагностируемого объекта в целом.

Если диагностические параметры несут однозначную и достаточную информацию о состоянии контролируемого объекта, то их можно отнести к числу диагностических параметров, косвенно характеризующих исправность диагностируемого элемента автомобильной электроники.

**Во второй главе** классифицированы методы и средства диагностирования, разработан оптимальный порядок диагностики сбоев элементов автомобильной электроники, так же рассмотрены технические средства диагностики, определен минимальный набор диагностического оборудования с помощью которого возможно провести оценку технического состояния элементов автомобильной электроники. Рассмотрены основные диагностические средства, а так же дана критическая оценка каждому из них.

Диагностика и ремонт должны выполняться быстро и методично, для этого был составлен оптимальный порядок проведения диагностики электронных систем автомобиля на наличие сбоев (рисунок 2).



Рисунок 2 – Порядок диагностики сбоев элементов автомобильной электроники

Часто симптомы указывают на неисправность элемента автомобильной электроники, однако как было рассмотрено, механические износ узлов автомобиля может вызывать аналогичные симптомы, следовательно для однозначного определения причины сбоя необходимо иметь не только средства

для диагностики автомобильной электроники, но средства для диагностики связанных с ними систем.

Проанализировав различные методы диагностики элементов автомобильной электроники был составлен обобщенный порядок диагностики. Так же следует остановиться на минимальном наборе диагностических средств, с помощью которого возможно произвести оценку технического состояния элементов автомобильной электроники, двигателя и системы управления.

Однако первым шагом в диагностике автомобильных электронных систем необходимо подтвердить факт наличия неисправности. Требуется убедиться, что неисправность реально существует.

**В третьей главе** представлены практические результаты диагностики некоторых элементов автомобильной электроники, в виде осциллограмм снятых с обмоток системы зажигания автомобиля, в состояниях различной работоспособности. Приведены данные исследования, подтверждающие адекватность разработанного в предыдущих главах порядка и методов диагностики, доказывающие ценность данных исследований для построения ускоренного механизма поиска причин сбоев элементов автомобильной электроники. Также проанализированы диагностические параметры сбоев, дана критическая оценка.

Так на примере диагностики системы зажигания была доказана актуальность разработанного порядка диагностики сбоев автомобильной электроники. В результате с помощью осциллографа были сняты осциллограммы с первичной и вторичной обмоток катушки зажигания. Исследование осциллограмм первичной и вторичной цепи системы зажигания включает в себя оценку взаимного влияния цепей. Например (рисунок 3) сильное биение на осциллограмме свидетельствует о загрязнении или подгорании контактов прерывателя, износе кулачка прерывателя или неправильной регулировка зазора контактов прерывателя. Слишком малый зазор является причиной вибрации электрических контактов при высоких скоростях вращения коленчатого вала, чрезмерно большой зазор вызывает сильный удар контактов при замыкании.

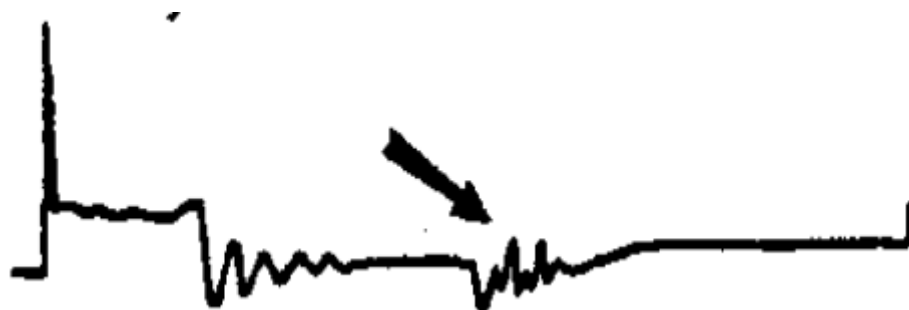


Рисунок 3 – Осциллограмма снятая с неисправной катушки зажигания, свидетельствующая о проблеме с прерывателем контактов

Рассмотрев осциллограмму (рисунок 4), можно сделать вывод о плохом контакте заземления, т.к. сигнал справа от точки 2 имеет медленно-затухающие колебания.

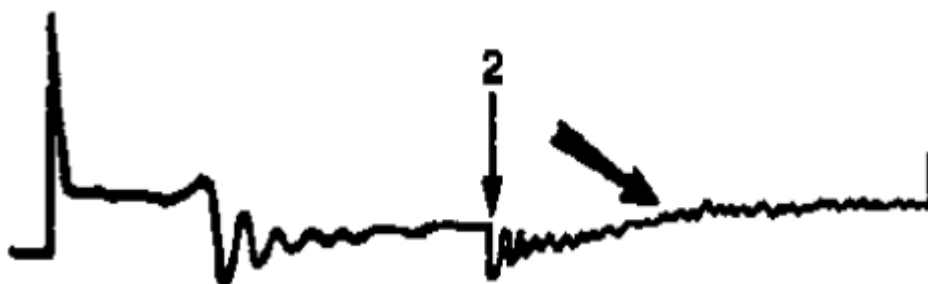


Рисунок 4 – Осциллограмма снятая с неисправной катушки зажигания, свидетельствующая о проблеме с заземлением

Так же в третьей главе проведены расчеты коэффициента Лямбда регулирования, используемого при диагностике сбоев элементов автомобильной электроники связанных с системами смесеобразования:

$$\lambda = \frac{[\text{CO}] + \frac{[\text{CO}]}{2} + [\text{O}_2] + \left\{ \frac{\text{H}_{\text{CV}} \cdot 3,5}{4} - \frac{\text{O}_{\text{CV}}}{2} \right\} \cdot ([\text{CO}_2] + [\text{CO}])}{\left( 1 + \frac{\text{H}_{\text{CV}}}{4} - \frac{\text{O}_{\text{CV}}}{2} \right) \cdot ([\text{CO}_2] + [\text{CO}] + K_1 \cdot [\text{HC}] )}$$

Для исследования электронных систем смесеобразования необходимо измерение четырёх составляющих: CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>. Зная, что все современные бензиновые автомобили (за исключением автомобилей с непосредственным впрыском топлива в цилиндры и послойным распределением смеси) на установившихся режимах (кроме режима полной нагрузки) должны работать при стехиометрическом соотношении топливно-воздушной смеси (Лямбда равна 1). проанализированы диагностические параметры сбоев, дана критическая оценка.

На примере анализа полученной формулы становится очевидно, что для быстрой оценки состояния электронных систем важно руководствоваться обоснованными в тексте работы требованиями предъявляемыми к выбору оборудования, так например для диагностики сбоев в электронных системах, участвующих в смесеобразовании, необходим четырехкомпонентный газоанализатор с функцией автоматического определения параметра Лямбда.

Так на примере исследования сбоев системы зажигания, а так же диагностики электронных систем смесеобразования была доказана актуальность разработанного ранее порядка диагностики, обоснован выбор методов и средств диагностики.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Выполнен анализ белорусских и зарубежных источников по тематике диагностики сбоев элементов автомобильной электроники, который показал, что на настоящий момент актуальным является вопрос систематизации сбоев элементов автомобильной электроники, разработки моделей элементов автомобильной электроники как объектов диагностирования, описывающих на одном уровне взаимосвязи между множеством возможных технических состояний и оптимальной совокупности диагностических симптомов, необходимых и достаточных для однозначного определения сбоя.

Предложена классификация сбоев в зависимости от параметров диагностируемого элемента [1, 2].

2. Классифицированы методы и средства диагностирования. Составлен оптимальный порядок проведения диагностики электронных систем автомобиля на наличие сбоев. Рассмотрены основные диагностические средства, а так же им дана критическая оценка. Разработан новый подход к оценке состояния, выявлению сбоев и предсбойных состояний элементов автомобильной электроники, позволяющий быстро определить актуальное состояние элемента автомобильной электроники с минимальным набором диагностических средств [3, 4].

3. В ходе экспериментальных исследований были сняты и проанализированы осциллограммы элементов системы зажигания, произведен их анализ в соответствии с определенными симптомами сбоев, пояснены конкретные причины сбоев. Так же произведено исследование методов диагностики некоторых автомобильных датчиков и исполнительных механизмов в соответствии с алгоритмами и порядком диагностирования разработанными ранее [5, 6].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в учебный курс «Конструирование радиоэлектронных средств». Разработана классификация сбоев в зависимости от параметров диагностируемого элемента.

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ**

[1] Полещук, П.В. Теория диагностических испытаний элементов автомобильной электроники / П.В. Полещук, В.Ф. Гременок // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. – 2018. – № 17. – С. 168–171.

[2] Полещук, П.В. Разновидности сбоев элементов автомобильной электроники / П.В. Полещук, В.Ф. Гременок // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. – 2018. – № 17. – С. 170–171.

[3] Полещук, П.В. Исследование методов диагностики сбоев датчика массового расхода воздуха/ П.В. Полещук, В.Ф. Гременок // Современные исследования. – 2017. – № 4. – С. 63–64.

[4] Полещук, П.В. Исследование методов диагностики сбоев датчика положения дроссельной заслонки / П.В. Полещук, В.Ф. Гременок // Современные исследования. – 2017. – № 4. – С. 65–66.

[5] Полещук, П.В. Исследование методов диагностики сбоев датчика кислорода / П.В. Полещук, В.Ф. Гременок // Вопросы современных научных исследований: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Омск, Россия, 25 декабря 2017г. / НЦ «Орка». – Омск, 2017. – С. 183–184.

[6] Полещук, П.В. Исследование методов диагностики электронных бензиновых инжекторов системы впрыска с внешним смесеобразованием / П.В. Полещук, В.Ф. Гременок // Проблемы и приоритеты развития науки в XXI веке: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Смоленск, Россия, 30 декабря 2017 г. / МНИЦ «Наукосфера». – Смоленск, 2017. – С. 29–30.

## РЕЗЮМЕ

Полещук Пётр Викторович

### Исследование методов диагностики сбоев элементов автомобильной электроники

**Ключевые слова:** диагностика, автомобильная электроника, сбой.

**Цель работы:** исследование методов диагностики сбоев автомобильной электроники, уменьшение затрат времени на диагностику.

**Полученные результаты и их новизна:** выполнен анализ белорусских и зарубежных источников по тематике диагностики сбоев элементов автомобильной электроники, который показал, что на настоящий момент актуальным является вопрос систематизации сбоев элементов автомобильной электроники, разработки моделей элементов автомобильной электроники как объектов диагностирования, описывающих на одном уровне взаимосвязи между множеством возможных технических состояний и оптимальной совокупности диагностических симптомов, необходимых и достаточных для однозначного определения сбоя.

Классифицированы методы и средства диагностирования. Составлен оптимальный порядок проведения диагностики электронных систем автомобиля на наличие сбоев. Рассмотрены основные диагностические средства, а так же им дана критическая оценка. Разработан новый подход к оценке состояния, выявлению сбоев и предсбойных состояний элементов автомобильной электроники, позволяющий быстро определить актуальное состояние элемента автомобильной электроники с минимальным набором диагностических средств.

В ходе экспериментальных исследований были сняты и проанализированы осциллограммы элементов системы зажигания, произведен их анализ в соответствии с определенными симптомами сбоев, пояснены конкретные причины сбоев. Так же произведено исследование методов диагностики некоторых автомобильных датчиков и исполнительных механизмов в соответствии с алгоритмами и порядком диагностирования разработанными ранее.

**Степень использования:** результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в учебный курс “Физические основы проектирования радиоэлектронных средств”.

**Область применения:** автомобильная промышленность, микропроцессорные системы, диагностическое оборудование.

## РЭЗІЮМЭ

Палешчук Пётр Віктаравіч

### Даследаванне метадаў дыягностыкі збояў элементаў аўтамабільнай электронікі

**Ключавыя словы:** дыягностыка, аўтамабільная электроніка, збой.

**Мэта працы:** даследаванне метадаў дыягностыкі збояў аўтамабільнай электронікі, памяншэнне выдаткаў часу на дыягностыку збояў аўтамабільнай электронікі.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** выкананы аналіз беларускіх і замежных крыніц па тэматыцы дыягностыкі збояў элементаў аўтамабільнай электронікі, які паказаў, што на цяперашні момант актуальным з'яўляецца пытанне сістэматызацыі збояў элементаў аўтамабільнай электронікі, распрацоўкі мадэляў элементаў аўтамабільнай электронікі як аб'ектаў дыягнаставання, якія апісваюць на адным узроўні ўзаемасувязі паміж мноствам магчымых тэхнічных станаў і аптымальнай сукупнасці дыягнастычных сімптомаў, неабходных і дастатковых для адназначнага вызначэння збою.

Класіфікацыяваны метады і сродкі дыягнаставання. Складзены аптымальны парадак правядзення дыягностыкі электронных сістэм аўтамабіля на наяўнасць збояў. Разгледжаны асноўныя дыягнастычныя сродкі, а так жа ім дадзена крытычная ацэнка. Распрацаваны новы падыход да ацэнкі стану, выяўленню збояў і прадсбойных станаў элементаў аўтамабільнай электронікі, які дазваляе хутка вызначыць актуальны стан элемента аўтамабільнай электронікі з мінімальным наборам дыягнастычных сродкаў.

У ходзе эксперыментальных даследаванняў былі зняты і прааналізаваныя ацылаграмы элементаў сістэмы запальвання, выраблены іх аналіз у адпаведнасці з пэўнымі сімптомамі збояў, патлумачаны канкрэтныя прычыны збояў. Гэтак жа выраблена даследаванне метадаў дыягностыкі некаторых аўтамабільных датчыкаў і выканаўчых механізмаў у адпаведнасці з алгарытмамі і парадкам дыягнаставання распрацаванымі раней.

**Ступень выкарыстання:** вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс на ка-Федра праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстанова адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі» ў навучальны курс «Фізічныя асновы праектавання радыёэлектронных сродкаў».

**Вобласць ужывання:** аўтамабільная прамысловасць, мікрапрацэсарныя сістэмы, дыягнастычнае абсталяванне.

## SUMMARY

**Paleshchuk Piotr Viktorovich**

### **Investigation of methods for diagnosing failures in automotive electronics**

**Keywords:** diagnostics, automotive electronics, failure.

**The object of study:** to investigate the methods of diagnosing the failures of automotive electronics, to reduce the time spent on diagnosing failures in automotive electronics.

**The results and novelty:** The analysis of Belarusian and foreign sources on the diagnostics of failures in the elements of automotive electronics was carried out, which showed that at the moment the issue of systemization of failures of automotive electronics elements, the development of models of automotive electronics elements as diagnostic objects, between the set of possible technical conditions and the optimal set of diagnostic symptoms necessary and sufficient governmental to uniquely identify the failure.

The methods and means of diagnosis are classified. An optimal procedure for diagnosing the electronic systems of the car for failures has been compiled. The main diagnostic tools are considered, and they are given a critical evaluation. A new approach to the assessment of the state, detection of failures and pre-busting states of the elements of automotive electronics has been developed, which makes it possible to quickly determine the current state of the element of automotive electronics with a minimum set of diagnostic tools.

In the course of experimental studies, oscillograms of the ignition system elements were taken off and analyzed, their analysis was performed in accordance with certain symptoms of malfunctions, and specific causes of malfunctions were explained. Also, a study was made of diagnostic methods for some automotive sensors and actuators in accordance with the algorithms and the order of diagnosis developed earlier.

**Degree of use:** the results are implemented in the educational process on the design of information and computer systems for the establishment of education «Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics» in the training course «Physical Basics of Design of Radioelectronic Facilities».

**Sphere of application:** automotive industry, microprocessor systems, diagnostic equipment.