

# Повышение надежности автомобилей с электронными системами управления Reliability improvement of vehicles with electronic control systems.

Сосновский С.А., Савич Е.Л. кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей» БНТУ

**Анотация.** В работе рассмотрены наиболее распространенные методы обнаружения неисправностей электронных систем управления автомобилем и предложена математическая зависимость, подлежащая исследованию для повышения надежности этих систем.

**Abstract.** The study describes the most common methods of fault detection electronic systems of a vehicle and gives the mathematical relation to be examined in order to improve the reliability of these systems.

## Введение

По данным аналитического агентства «Databeans», мировой рынок автомобильной электроники находится на стадии стабильного подъема. По данным агентства, общий объем производства в 2013 году достигнет 173,7 млрд. долл. США [1], при этом, например, на современном модельном ряду зарубежных седельных тягачей удельный вес электронных систем в конструкции составляет 20-25%, наблюдаемый ежегодный прирост - 2-3%.

## Основная часть

Производители автотракторной техники в Республике Беларусь уделяют большое внимание внедрению электронных систем в конструкцию производимой техники. Так, по экспертным оценкам средневзвешенный удельный вес электронных систем в выпускаемых предприятиями Республики Беларусь мобильных машинах или автомобилях составляет около 8%. Всего в период с 2006 по 2010 год завершена разработка и освоено про-

изводство более десятка новых изделий автотракторной электроники. Одновременно, в рамках цикла ГПНИ РБ на 2011-2015 годы «Механика, техническая диагностика, металлургия» научные учреждения выполняют комплексные исследования по развитию научных основ проектирования электронных систем для типажей выпускаемой в республике автотракторной техники [2].

Об интенсивности развития данных систем, опережающей изучение вопросов и проблем, связанных с их эксплуатацией свидетельствует низкий уровень изучения их надежности и отсутствие даже единой терминологии. Д.А.Соснин автомобильной системе управляющей неэлектрическими процессами, и саму управляемую электронной автоматикой дает определение – автотронная система [3]. Ю.В.Подураев системам, состоящим из механической, электротехнической и компьютерной составляющей дает определение – мехатронные и к ним относит системы, применяемые в автомобилестроении (антиблокировочные системы и др.) [4]. Применительно к автомобилям на наш взгляд, более подходит понятие – мехатронная система, объединяющая механику и электронику.

Особую актуальность при увеличении доли электронных систем в конструкции современной техники, и их интеграция с механическими составляющими с образованием мехатронных систем, приобретают проблемы, связанные с их эксплуатацией и обеспечением работоспособности. Принципиально различные

физико-химические процессы, положенные в основу функционирования составляющих мехатронных систем (электронной, информационной, механической) позволяют отнести их к классу сложных технических систем, качество которых определяет надежность [5].

Вероятность восстановления в таких сложных системах будет зависеть от приспособленности к выполнению главной задачи технического диагностирования – обнаружению места и определения причин отказа (неисправности)

В данной статье рассматриваются наиболее распространенные методы поиска места и определения причин отказа на примере электронных систем управления двигателем (ЭСУД) и антиблокировочных систем (АБС).

Большинство мехатронных систем оборудованы системой самодиагностики, работа которой основана

на анализе электронным блоком управления сигналов датчиков и исполнительных механизмов с эталонными значениями. В случае обнаружения системой расхождения параметров с эталонными значениями информация о неисправности выводится в форме светового сигнала контрольной лампы на приборном щитке. В последующем используя функцию самодиагностики возможно предварительное определение неисправности с помощью блинк-кодов, при этом информация выводится на лампу диагностики рис.1. Основные преимущества данной системы: защита узлов и деталей, подвергающихся особому риску в случае возникновения отказа и возможность системного контроля работоспособности многочисленных датчиков, исполнительных механизмов, систем передачи данных и самого электронного блока управления входящих в систему.

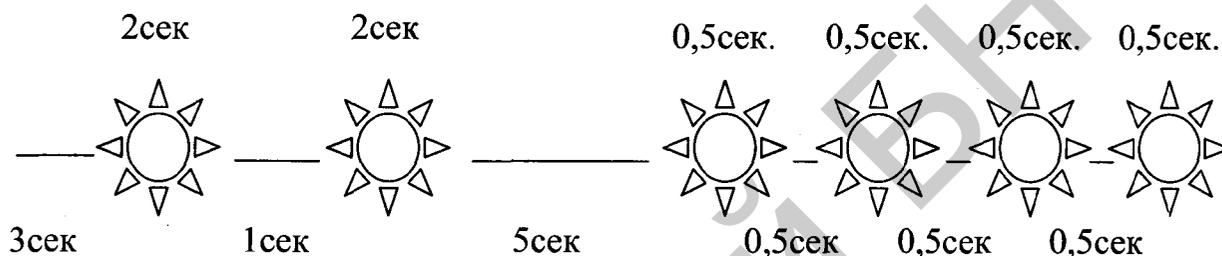


Рисунок 1. Пример мигания лампы EDC при выдаче светового кода 2-4 при самодиагностике ЭСУД автомобиля МАЗ-437043

Однако встроенная система самодиагностики имеет определенные недостатки, приведенные в таблице 1: система не всегда указывает конкретную причину неисправности и требуется дополнительное оборудование

для конкретизации неисправного элемента [6]; некоторые шифры неисправности могут быть понятны только высококвалифицированному диагносту на сервисной станции [7].

Таблица 1. Расшифровка блинк-кодов мехатронных систем

Блиnk-код		Неисправность	Характер неисправности
<i>Антиблокировочная система «АБС-Т» БПО Экран</i>			
2	5	Провалы скорости или дребезг датчика скорости правого колеса передней оси	Уровень сигнала датчика при вращении колеса не соответствует эталонным значениям. Повреждения целостности ротора датчика. Увеличенный воздушный зазор
<i>Электронная система управления двигателем ММЗ Д-245-30 ЕЗ</i>			
4-4	5	Функция гашения ошибок CAN неактивна и истечение времени ожидания для RxCCVS CAN-сообщения	Ошибка RxCCVS CAN-сообщения

Наибольшее распространение для обнаружения отказов электронных систем получило применение специализированного оборудования: специальных считывающих устройств (сканеров) и компьютерно-диагностических комплексов на базе ПЭВМ. Принцип работы сканеров основан на доступе к бортовой системе диагностики и передачи информации через соединительный кабель на портативный компьютер с миниатюрным дисплеем. При применении компьютерно-диагностических систем информация с диагностического разъема через соединительные кабели и интерфейсный переходной блок ISO-9141 передается на компьютер типа NOTEBOOK, где обрабатывается специальным программным обеспечением.

Основные преимущества данного оборудования: возможность точного определения отказа; «стирание» кодов ошибок, которые остаются в памяти электронного блока управления при обнаружении неисправности системой самодиагностики; запись параметров во время ездовых испытаний; испытательное управление исполнительными механизмами. Недостатками применения данного оборудования являются: высокая стоимость оборудования, применение различных по конструкции и программному обеспечению электронных блоков требует использования индивидуального специализированного оборудования и программного обеспечения, потребность наличия высококвалифицированного диагноста; финансовые затраты при обновлении программного обеспечения.

Данные факторы обуславливают возможность применения этого оборудования не в условиях автотранспортного предприятия, а только на специализированных сервисных станциях. Однако при восстановлении работоспособности мехатронных систем на сервисных станциях автотранспортные предприятия несут определенные расходы (оплата за оказанные диагностические и ремонтные работы при наличии собственных диагностов и ремонтников; транспортные расходы по доставке на сервисную станцию неработоспособного транспортного

средства; расход ресурса автомобиля тягача).

В таблице 2 приведен сравнительный анализ производственных возможностей сертифицированных сервисных станций одной из областей РБ по диагностике ЭСУ автомобилей производства управляющей компании холдинга «БЕЛАВТОМАЗ» ОАО «МАЗ» по состоянию на 1.06.2013 г. [8] свидетельствующий о низком уровне возможностей по диагностированию мехатронных систем:

Таблица 2. Возможности сервисных станций по диагностированию мехатронных систем

Номер предприятия	Возможности по диагностированию АБС			Возможности по диагностированию ЭСУД двигателя Евро-3			
	БПО «Экран»	Wabco	Knorr-Bremse	MAN	DaimlerChrysler	Deutz	ММЗ
1	+	+	+	+	+	-	+
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	+	+	+	+
5	+	-	-	-	-	-	+
6	+	+	+	+	+	+	+
7	+	+	+	-	-	+	+

Низкий уровень возможностей сервисных станций влечет за собой снижение времени пребывания автомобиля с мехатронными системами в работоспособном состоянии.

Кроме систем самодиагностики на автомобиль по желанию заказчика может быть установлена бортовая система контроля и диагностики (БСКД). Система БСКД позволяет производить диагностику мехатронных систем по протоколу ISO 9141 с отображением контрольных параметров на ЖК-индикаторе (экране) блока кон-

троля, установленного на панели приборов автомобиля без применения внешних устройств. Применение традиционных GPS/GPRS функций одновременно с БСКД обеспечивает удаленную диагностику мехатронных систем, как в режиме реального времени, так и по запросу оператора с передачей информации на ПЭВМ специалиста или диспетчера автотранспортного предприятия с использованием спутниковых и IT-технологий (система MazOnLine) рис. 2 [9]. Преимуществами данной системы являются: возможность определения вида и места

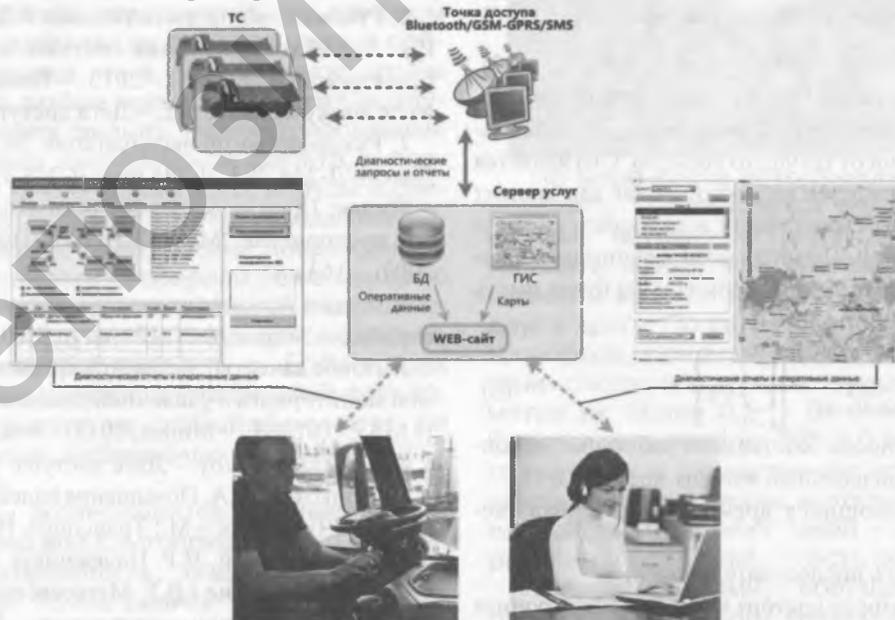


Рисунок 2. Схема функционирования системы MazOnLine

отказа без дополнительной аппаратуры, без обращения на сервисную станцию при нахождении автомобиля в рейсе; выполнение диагностических работ на уровне идентичном применению современных компьютерно-диагностических комплексов для мехатронных систем автомобиля различных производителей. Данная система наиболее современная, однако по нашему мнению, требуется уточнение целесообразности применения данной системы в условиях автотранспортного предприятия: при каком минимальном марочном и количественном составе автомобилей с мехатронными системами она будет приносить экономический эффект от внедрения.

Рассмотренные методы имеют многообразие преимуществ и недостатков. Эксплуатация мехатронных систем на автотранспортном предприятии требует выбора применения оптимального метода определения неисправности и изучения показателей надежности при их использовании.

Важным комплексным показателем надежности является коэффициент готовности, который определяет вероятность того, что автомобиль в произвольный момент времени окажется работоспособным. Статистически коэффициент готовности определяется отношением суммарного времени пребывания автомобиля в работоспособном состоянии к суммарной продолжительности его эксплуатации [10].

$$K_r = \frac{T_{\Sigma i}}{T_{\Sigma \varepsilon}} \quad (1)$$

где  $T_{\Sigma i}$  - суммарное время пребывания автомобиля в работоспособном состоянии;

$T_{\Sigma \varepsilon}$  - суммарная продолжительность эксплуатации автомобиля.

При прогнозировании надежности  $K_r$  будет принимать асимптотическое значение функции готовности  $G(t)$  при неограниченном возрастании аргумента времени  $t$  [10]:

$$K_r = \lim_{t \rightarrow \infty} G(t) \quad (2)$$

Функцией готовности  $G(t)$  называется зависимость вероятности работоспособности системы в произвольный момент времени от текущего времени. Она является комплексным показателем надежности, так как зависит от характеристики безотказности и от характеристики восстанавливаемости. При прогнозировании надежности мехатронных систем автомобиля  $G(t)$  будет иметь зависимость:

$$G(t) = p(t) + \lim_{\max \Delta t_k \rightarrow 0} P \left\{ \bigcup_{k=1}^N B_k \right\} \quad (3)$$

где  $p(t)$  - вероятность безотказной работы мехатронной системы в произвольный момент времени  $t$ ;

$\Delta t_k$  - непересекающийся временной интервал эксплуатации;

$P \{ \}$  - вероятность последовательности;

$B_k$  - событие, которое состоит в том, что мехатронная система была восстановлена в  $K$ -ом интервале эксплуатации;

$N$  - количество непересекающихся временных интервалов эксплуатации.

Исходя из выражения (3), можно сделать вывод, что функция безотказности зависит от характеристик безотказности и характеристик восстанавливаемости мехатронных систем.

#### Заключение

Коэффициент готовности  $K_r$  мехатронных систем возможно повысить применяя рациональные эксплуатационные способы обеспечения работоспособности. Практические рекомендации автотранспортным предприятиям по выбору средств эксплуатации и моделей эксплуатации и обслуживания мехатронных систем возможны после: изучения безотказности и рациональных методов восстановления; научно-практического обоснования зависимости (3).

#### Литература:

1. PCWEEK ИТ-Бизнес [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.pcweek.ru/business/article/detail.php?ID=107453.html>. – Дата доступа: 06.06.2013.
2. Дубовик, Д.А. Бортовые системы управления мобильных машин: настоящее и будущее / Д.А. Дубовик, В.В. Савченко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 3. – С.37-49.
3. Соснин, Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современного легкового автомобиля: учеб. пособие / Д.А. Соснин. – М.: СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.
4. Подураев, Ю.В. Основы мехатроники: учеб. пособие / Ю.В. Подураев. – М.: МГТУ СТАНКИН, 2000. – 80с.
5. Никитин, В.И. Анализ готовности мехатронных систем / В.И. Никитин, В.А. Юдин, А.В. Хайло // Сб. науч. тр. / Харьковский нац. автомобильно-дорожный ун-т. – Харьков, 2008. – № 23. – С. 26-29.
6. Руководство по эксплуатации АДЮИ. 450809.008 РЭ. Антиблокировочная система тормозов АБС-Т [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.abs-systems.ru.pdf>. – Дата доступа: 15.05.2013.
7. Руководство по эксплуатации 245ЕЗ-0000100 РЭ. Дизели Д-245.7ЕЗ, Д-245.9ЕЗ, Д-245.30ЕЗ, Д-245.35ЕЗ. – Минск: Производственное республиканское унитарное предприятие “МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД”, 2007. – 163 с.
8. Архив делопроизводства органов пограничной службы. – Запрос № 30/124-вн от 10.01.2013 г.
9. Новое качество эксплуатации автомобиля с системой мониторинга и удаленной диагностики [Эл. ресурс] / MAZ ONLINE. – Минск, 2013. – Режим доступа: <http://www.mazonline.by>. – Дата доступа: 14.06.2013.
10. Трикозюк, В.А. Повышение надежности автомобиля / В.А. Трикозюк – М.: Транспорт, 1980. – 88с.
11. Матвеевский, В.Р. Надежность технических систем: учеб. пособие / В.Р. Матвеевский; – Московский гос. ин-т электроники и математики. – М., 2002. – 113 с.