

**В. П. Волков<sup>1</sup>**  
**В. П. Кужель<sup>2</sup>**  
**Т. В. Волкова<sup>1</sup>**  
**А. А. Плехова<sup>1</sup>**  
**В. В. Нарижный<sup>1</sup>**

## ТЕХНОЛОГИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

<sup>2</sup>Винницкий национальный технический университет

*В статье на примере мехатронной системы управления двигателем и трансмиссией транспортных средств (автомобилей) показаны особенности технологии их диагностирования.*

*В электронной системе управления трансмиссией объектом регулирования является главным образом автоматическая трансмиссия. Также законы управления (программы) переключения передач в автоматической трансмиссии обеспечивают оптимальную передачу энергии двигателя колесам транспортного средства (ТС) с учетом требуемых тягово-скоростных свойств и экономии топлива. При этом программы достижения оптимальных тягово-скоростных свойств и минимального расхода топлива отличаются друг от друга, так как одновременное достижение этих целей не всегда возможно. Поэтому в зависимости от условий движения и желания водителя можно выбрать с помощью специального переключателя программу «экономия» – для уменьшения расхода топлива, программу «мощность» – для улучшения тягово-скоростных свойств или программу «ручное», чтобы перейти на переключение передач водителем.*

*В свою очередь возможности самодиагностики включают: идентификацию системы и электронные блоки управления (ЭБУ)(ECU); распознавание, хранение и считывание информации о статических и единичных нарушениях работы; считывание текущих реальных данных, включающих условия окружающей среды и спецификации; моделирование функций системы; программирование параметров системы. Отдельные программы для испытательного блока хранятся в подключаемых модулях, в то время как корректировка и передача данных в системе осуществляются посредством интерфейса данных.*

*Отметим так же, что процесс диагностирования начинается с инициализации систем – обнаружения их в составе электрооборудования ТС. При успешной инициализации возможно: прочитать память ошибок; произвести стирание памяти ошибок; просмотреть данные следующей обнаруженной системы или выйти в главное меню; изменить показания выбранного разряда; осуществить коррекцию текущего времени; произвести коррекцию текущей даты и выполнить ряд дополнительных функций.*

**Ключевые слова:** транспортное средство, технология, мехатроника, диагностирование, методы исследования, принципы построения.

### Введение

Следует отметить, что мехатроника родилась как комплексная наука от слияния отдельных частей механики и микроэлектроники. Её можно определить как науку, занимающуюся анализом и синтезом сложных систем, в которых в одинаковой степени используются механические и электронные управляющие устройства.

Все мехатронные системы транспортных средств (ТС) по функциональному назначению делят на три основные группы [1]:

- системы управления двигателем;
- системы управления трансмиссией и ходовой частью;
- системы управления оборудованием салона.

Система управления двигателем подразделяется на системы управления бензиновым и дизельным двигателем ТС. По назначению они бывают монофункциональные и комплексные. В монофункциональных системах электронный блок управления (ЭБУ) подает сигналы только системе впрыска. Впрыск может осуществляться постоянно и импульсами. При постоянной подаче топлива его количество изменяется за счет изменения давления в топливопроводе, а при импульсном – за счет продолжительности импульса и его частоты. В комплексных системах один электронный блок управляет несколькими подсистемами: впрыска топлива, зажигания, фазами газораспределения,

самодіагностики і др. Система електронного управління дизельним двигателем контролює кількість впрыскуваного палива, момент початку впрыску, ток факельної свічки і т.п.

В електронній системі управління трансмісією об'єктом регулювання являється головним образом автоматична трансмісія. На основі сигналів датчиків кута відкриття дросельної заслонки і швидкості ТС ЕБУ вибирає оптимальне передаточне число трансмісії, що підвищує паливну економічність і управляємість.

Управління ходовою частиною включає в себе управління процесами руху, змінення траєкторії і гальмування ТС. Вони впливають на підвіску, рульове управління і гальмівну систему, забезпечують підтримку заданої швидкості руху ТС.

Управління обладнанням салону призначено підвищити комфортність і споживачу цінність ТС. С цією метою використовуються кондиціонер повітря, електронна панель приладів, мультифункціональна інформаційна система, компас, фари, склоочисник з преривистим режимом роботи, індикатор перегорівших ламп, пристрій виявлення перешкоджень при русі заднім ходом, противоугонні пристрої, апаратура зв'язі, центральна блокування замків дверей, склопід'ємники, сидіння з змінюваним положенням, режим безпеки і т.д.

На сьогоднішній день та визначаюча роль, яку грають електронні системи в ТС, змушує приділяти підвищену увагу проблемам, пов'язаним з їх обслуговуванням.

Рішення цих проблем заключається в включенні функцій самодіагностики в електронну систему. Реалізація цих функцій ґрунтується на можливостях електронних систем, уже використовуваних на ТС для неперервного контролю і визначення несправностей в цілях збереження цієї інформації і діагностування.

### Самодіагностика мехатронних систем ТС

Розвиток електронних систем управління двигателем і трансмісією привело до покращення експлуатаційних властивостей ТС.

На рис. 1 показано приклад електронної системи управління трансмісією ТС [2]. На основі сигналів датчиків ЕБУ виробляє команди на включення і відключення сцеплення. Ці команди подаються на електромагнітний клапан, який виконує включення і відключення приводу сцеплення. Для переключення передач використовуються два електромагнітних клапана. Сполученням станів «Відкрито-Закрито» цих двох клапанів гідравлічна система задає чотири положення передач (1, 2, 3 і підвищує передача). При переключенні передач сцеплення відключається, виключаючи тим самим, наслідки змінення моменту, пов'язаного з переключенням передач.

Закони управління (програми) переключенням передач в автоматичній трансмісії забезпечують оптимальну передачу енергії двигача колесам ТС з урахуванням потрібних тягово-швидкісних властивостей і економії палива. При цьому програми досягнення оптимальних тягово-швидкісних властивостей і мінімального витрати палива відрізняються одні від одних, так як одночасне досягнення цих цілей не завжди можливо. Тому в залежності від умов руху і бажання водія можна вибрати з допомогою спеціального переключача програму «економія» для зменшення витрати палива, програму «потужність» – для покращення тягово-швидкісних властивостей або програму «ручне», щоб перейти на переключення передач водієм.

Можливості самодіагностики включають: ідентифікацію системи і ЕСУ; розпізнавання, збереження і читання інформації про статичні і одиничні порушення роботи; читання поточних реальних даних, включаючих умови оточуючої середовища і специфікації; моделювання функцій системи; програмування параметрів системи. Відокремлені програми для випробувального блоку зберігаються в підключаємих модулях, в той час як корективна і передача даних в системі виконуються за допомогою інтерфейсу даних.

Бортова система контролю і діагностики (БСКД), наприклад, вантажного ТС 6 класу, призначена для:

- забезпечення діагностування бортових електронних систем по інтерфейсу ISO 9141 безпосередньо на ТС;
- контролю осевої навантаження і режимів роботи ТС;
- відліку поточного часу і відповідно відображення контролюваних параметрів і поточного часу на ЖК-індикаторі (екрані) блоку контролю, встановленого на панелі приладів без застосування зовнішніх пристроїв.

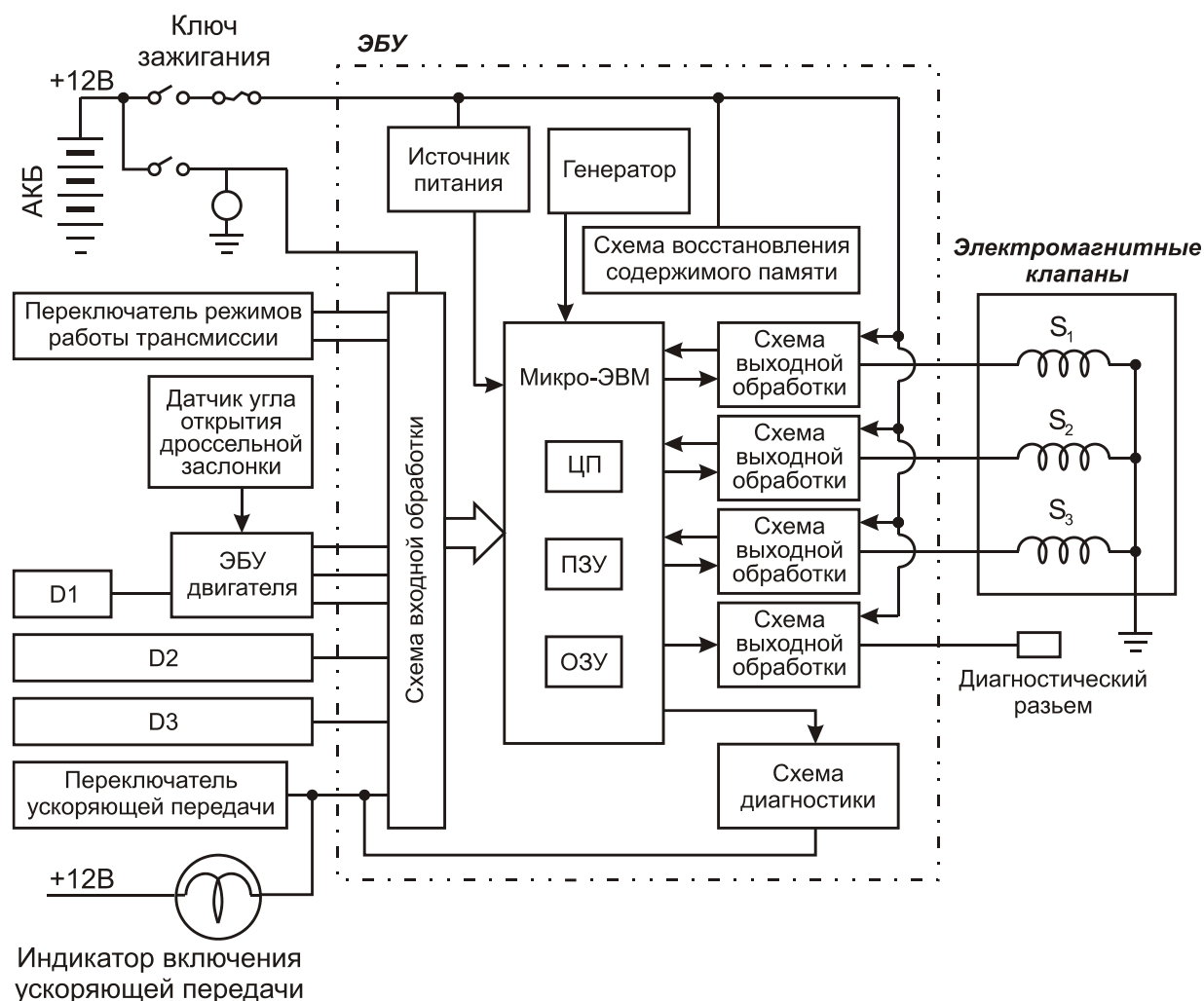


Рис. 1. Система управления трансмиссией ТС:

D1 – датчик температуры охлаждающей жидкости; D2 – датчик скорости ТС, установленный в спидометре; D3 – датчик скорости ТС, установленный в автоматической трансмиссии

Система БСКД позволяет произвести диагностирование электронных систем ТС (ABS/ASR, ECAS, EDC двигателя) по протоколу ISO 9141. Диагностирование включает в себя чтение данных из энергонезависимой памяти электронных блоков: серийный номер блока; версия программного обеспечения блока; дата изготовления блока; чтение памяти ошибок; стирание памяти ошибок.

Процесс диагностирования начинается с инициализации систем – обнаружения их в составе электрооборудования ТС. При успешной инициализации возможно: прочесть память ошибок; произвести стирание памяти ошибок; просмотреть данные следующей обнаруженной системы или выйти в главное меню; изменить показания выбранного разряда; осуществить коррекцию текущего времени; произвести коррекцию текущей даты и выполнить ряд дополнительных функций.

Одной из важных особенностей двигателя MAN D2866-LF2, установленного на грузовом ТС 6 класса, является наличие Electronic Diesel Control (EDC) – электронной системы управления (ЭСУ) со встроенной системой диагностирования. При каждом включении или выключении замка включения стартера и приборов, а также на протяжении всего периода работы двигателя с помощью ЭСУ осуществляется диагностирование состояния электрических цепей и параметров встроенных датчиков (температуры, давления наддува и т. д.) и исполнительного механизма подачи топлива двигателя. В случае возникновения неисправностей или нарушения заданных параметров загорается контрольная лампа, корректируется режим работы двигателя (например, уменьшается подача топлива, снижается мощность) и записывается код неисправностей в память электронного блока управления (ЭБУ).

Коды неисправностей записываются в двух микросхемах памяти. Одна из микросхем памяти содержит коды, другая – содержит информацию о неисправностях, которую можно считать и стереть только с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы MAN-CATs. Стирание содержимого памяти первой микросхемы не влияет на содержание памяти второй микросхемы.

Одновременно в памяти одной микросхемы может содержаться информация только о пяти неисправностях. При устранении (исчезновении) неисправности, записанной однажды в памяти микросхемы, информация о ней автоматически стирается из памяти обеих микросхем (если в течение 100 включений или выключений замка включения стартера и приборов данная неисправность не повторилась).



Рис. 2. Структурная схема самодиагностики мехатронных систем ТС

Простейшая диагностика неисправностей EDC может быть произведена нажатием кнопки диагностики EDC панели приборов. При этом коды неисправностей определяются по числу и длительности вспышек контрольной лампы "EDC", а виды неисправностей определяются по таблицам кодов.

Углубленная диагностика и установка параметров (параметрирование) системы могут быть произведены с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы (КДС) MAN-CATs.

Упрощенная диагностика неисправностей с помощью световых мигающих кодов. Диагностика неисправностей с помощью световых мигающих кодов может производиться как при работающем, так и при неработающем двигателе. Для входа в режим диагностики необходимо в течение 3 с (но не более 10 с) нажать на кнопку диагностики EDC, а затем отпустить. Во время нажатия кнопки на щитке приборов загорается контрольная лампа "EDC", которая после отпускания кнопки гаснет (это позволяет также проверить исправность лампы). Если в системе есть неисправность, то по истечении 3 с после отпускания кнопки лампа "EDC" начинает мигать, выдавая световой код неисправности длинными (в течение 2 с) и короткими (в течение 0,5 с) вспышками. При этом сначала выдается код только одной (последней) неисправности. Для вызова кода следующей неисправности необходимо вновь нажать и отпустить кнопку диагностирования EDC. Процесс вызова кодов неисправностей необходимо продолжать до тех пор, пока не повторится код, вызванный первым.

В качестве примера считывания светового кода приведена временная диаграмма (рис. 3) кода 2–4 (неисправность выключателя холостого хода датчика положения педали подачи топлива).

После нажатия и отпускания кнопки диагностики EDC происходит следующее: пауза перед началом выдачи кода – 3 с; длинная вспышка – 2 с; пауза между вспышками – 1 с; длинная вспышка – 2 с; пауза между вспышками – 5 с; четыре короткие вспышки по 0,5 с с паузами по 0,5 с.

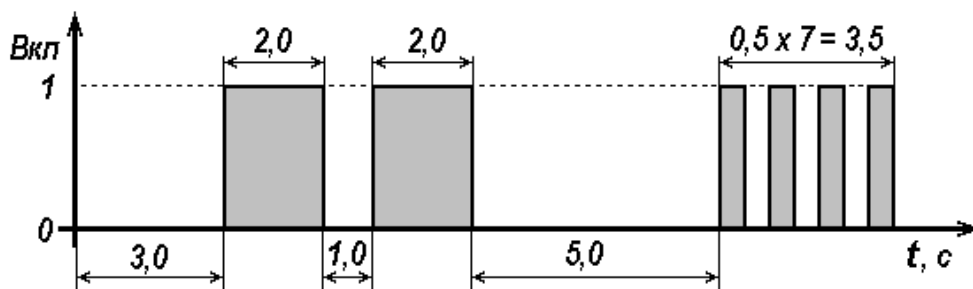


Рис. 3. Временная диаграмма светового кода 2 – 4

После считывания кодов и устранения неисправностей производится очистка памяти ошибок (световых кодов). При этом все коды устраненных неисправностей стираются из памяти ЭБУ. Если после стирания в памяти остались какие-либо коды значит, какая-то неисправность не устранена, и стереть ее код можно лишь после устранения неисправности.

При возникновении трудностей в определении неисправности по световым мигающим кодам проводятся анализ вероятных причин и комплексная диагностика EDC с помощью КДС MAN-CATs. Компьютерная (углубленная) диагностика электронных систем ТС также может быть проведена с помощью специального компьютерно-диагностического комплекса, выполненного на базе ПЭВМ. Принцип компьютерного диагностирования (рис. 4) основан на следующем [3, 4, 5]:

- создание и передаче под управлением ПЭВМ через диагностический интерфейс (адаптер), выполненный в соответствии со стандартом ISO 9141, электрических сигналов, инициализирующих связь с конкретным электронным блоком;
- прием информации от электронного блока, поступающей по диагностическому каналу;
- преобразование информации в сигналы стандарта RS 232C;
- обработка этих данных по заданной программе и отображении результатов на экране ПЭВМ.

Линия диагностического интерфейса ISO-9141 используется для передачи команд и данных в электронный блок, а линия через адаптер – для приема данных от электронного блока, их ретрансляции и передачи по интерфейсу RS-232C в ПЭВМ. При параметрировании систем эта линия может также использоваться для передачи данных в электронный блок.

Диагностическая программа позволяет получить информацию о текущих неисправностях системы (активные неисправности), если они имеются, а также информацию о неисправностях, которые были, но в данный момент отсутствуют (пассивные неисправности). Кроме того, могут быть получены сведения о номере электронного блока, его изготовителе и дате изготовления, версии программного обеспечения, дате последнего изменения параметров.

С электронного блока системы управления двигателем могут быть считаны данные об общей наработке двигателя (суммарное число полных оборотов коленчатого вала, моточасы работы), в том числе на холостом ходу, общем пробеге ТС, пробеге после последнего ТО и т. д.

### **Диагностирование неисправностей и установка параметров с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы MAN-CATs**

В состав компьютерной контрольно-диагностической системы (КДС) MAN-CATs входят (рис. 4): компьютер (ПК) типа "Notebook"; интерфейсный блок ISO-9141; переходной коммутационный блок; комплект соединительных кабелей; программное обеспечение (ПО).

Информация о содержании версий ПО получается аналогично после выбора указанного режима.

Программное обеспечение КДС совместимо с операционной системой Windows '98. В комплект программ входят установочный пакет и пакет программ для электронных систем и их модификаций. Связь с ЭБУ осуществляется по каналу в соответствии со стандартом ISO-9141.

После завершения загрузки ПО на экране ПК появляется основное меню режимов: диагностика; программирование параметров в режиме EOL (end of line); установка системы; информация о содержании версий ПО MAN-CATs. Выбрав требуемый режим работы, например "Мот", в режиме «Диагностика» и версию EDC, далее можно выйти в диалоговый режим с ПК, который позволяет произвести диагностику системы или программирование параметров в режиме EOL.

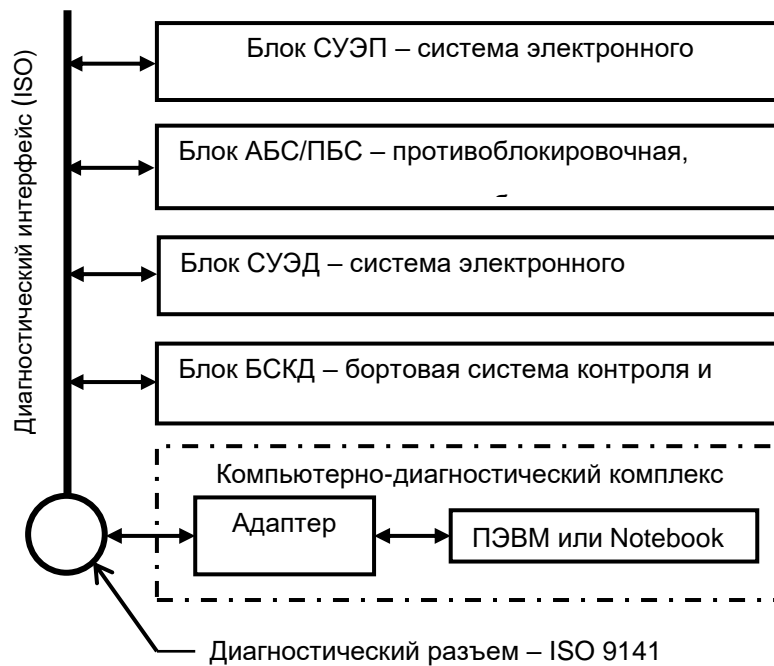


Рис. 4. Структурная схема компьютерной диагностики мехатронных систем грузового ТС 6 класса с двигателем MAN D2866-LF20

Инсталляция системы производится после выбора указанного режима и нажатия клавиши Enter. При этом на экране появляется информация о порядке работы с инсталляционными дискетами.

### Выводы

Самодиагностика является стандартной для всех микропроцессорных систем управления. При нормальной работе функции самопроверки обеспечиваются параллельно с другими функциями, такими, как впрыск топлива и зажигание; управление подвеской; работа АБС/ПБС и др. Самодиагностика характеризуется выполнением нескольких требований:

- контроль за работой сложных систем и узлов. Все усложняющаяся конструкция двигателя делает возможности самодиагностики весьма важными для обнаружения и устранения неисправностей. Целью является интегрирование всей системы в процесс диагностирования;

- защита узлов и деталей, подвергающихся особому риску в случае появления неисправностей. Например, можно привести защиту каталитического нейтрализатора, реагирующего на пропуски зажигания в двигателе. Система реагирует на определенную частоту появления пропусков зажигания, отключая подачу топлива в неисправный цилиндр для предотвращения перегрева нейтрализатора;

- работа в аварийной ситуации осуществляется по величинам, принимаемым по «умолчанию». Например, при выходе из строя датчика нагрузки (определяющего массовый расход воздуха), генерируется сигнал его замены, базирующийся на значениях частоты вращения коленчатого вала и положения дроссельной заслонки.

- информация водителя о неисправностях системы диагностирования с помощью индикаторных ламп, дисплеев и акустических приборов предупреждения. В США определены требования к бортовой диагностике ТС.

- хранение точной информации. Система хранит в ЕСУ предупреждающую информацию и данные об отдельных неисправностях. Также в запоминающем устройстве хранятся данные об условиях работы двигателя на момент первоначального обнаружения ошибки. Тип и полнота информации регламентируются стандартами ISO.

- доступ к хранимым ошибкам. Данные, хранящиеся в памяти системы самодиагностики во время работы ТС, могут быть переданы на диагностический стенд с дисплеем через последовательно подключенный многоканальный вход (порт). Необходимые для этого протоколы обмена приведены в стандартах ISO-9141 и ISO-14230.

- наиболее простым вариантом передачи данных об ошибках является сообщение в форме мигающего кода на приборном щитке измерительной аппаратуры. Это помогает обслуживающему персоналу ускорить диагностирование путем сужения поля возможных источников неисправностей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] В. Г. Бутылин, В. Г. Иванов, И. И. Лепешко, А. И. Лещинский, А. А. Юхнов, «Анализ и перспективы развития мехатронных систем управления торможением колеса», *Мехатроника. Механика. Автоматика. Электроника. Информатика*, № 2, с. 33-38, 2000.
- [2] Б. А. Данов, Е. И. Титов, *Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой*. М.: Транспорт, 1998.
- [3] Б. А. Данов, *Электронные системы управления иностранных автомобилей*. М.: Горячая линия – Телеком, 2002.
- [4] Х. Сига, С. Мидзутани, *Введение в автомобильную электронику*. М.: Мир, 1989.
- [5] В. П. Волков, И. В. Гришук, Т. В. Волкова, В. П. Кужель, Н. Г. Бережная, «Оценка функциональной стабильности тормозного управления транспортных средств», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2(12), с. 34-44, 2020. DOI : <https://doi.org/10.31649/2415-3486-2020-12-2>.

**Волков Владимир Петрович** – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: [volf-949@ukr.net](mailto:volf-949@ukr.net).

**Волкова Татьяна Викторовна** – канд. техн. наук, доцент кафедры транспортных технологий, e-mail: [olf949@ukr.net](mailto:olf949@ukr.net).

**Плехова Анна Анатольевна** – канд. техн. наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики, e-mail: [plehovaanna11@gmail.com](mailto:plehovaanna11@gmail.com).

**Наризный Вячеслав Владимирович** – аспирант кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков

**Кужель Владимир Петрович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: [kuzhel2017@gmail.com](mailto:kuzhel2017@gmail.com).

Винницкий национальный технический университет, г. Винница

**V. Volkov<sup>1</sup>**  
**V. Kuzhel<sup>2</sup>**  
**T. Volkova<sup>1</sup>**  
**G. Pliekhova<sup>1</sup>**  
**V. Narizhny<sup>1</sup>**

## Vehicle diagnostic technology

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Road University

<sup>2</sup>Vinnitsia National Technical University

*In the article, using the example of a mechatronic control system for the engine and transmission of vehicles (automobiles), the features of the technology of their diagnosis are shown.*

*In an electronic transmission control system, the object of regulation is mainly an automatic transmission. Also, the laws of control (programs) of gear shifting in an automatic transmission ensure the optimal transfer of engine energy to the wheels of the vehicle (TC), taking into account the required traction and speed properties and fuel economy.*

*At the same time, the programs for achieving optimal traction-speed properties and minimum fuel consumption differ from each other, since the simultaneous achievement of these goals is not always possible. Therefore, depending on the driving conditions and the desire of the driver, using a special switch, you can select the "economy" program to reduce fuel consumption, the "power" program - to improve traction and speed properties, or the "manual" program to switch gears by the driver.*

*In turn, self-diagnostic capabilities include: system identification and electronic control units (ECU) (ECU); recognition, storage and reading of information about static and single malfunctions; reading current real data, including environmental conditions and specifications; modeling of system functions; programming of system parameters. The individual programs for the test block are stored in the plug-in modules, while the correction and data transfer in the system is carried out via the data interface. Note also that the diagnostic process begins with the initialization of the systems - their detection in the electrical equipment of the vehicle. Upon successful initialization, it is possible to: read the error memory; erase the error memory; view the data of the next detected system or exit to the main menu; change the readings of the selected category; correct the current time; correct the current date and perform a number of additional functions.*

**Key words:** vehicle, technology, mechatronics, diagnostics, research methods, principles of construction.

**Volkov Volodymyr** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, e-mail: [volf-949@ukr.net](mailto:volf-949@ukr.net).

**Kuzhel Volodymyr** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: [kuzhel2017@gmail.com](mailto:kuzhel2017@gmail.com).

**Volkova Tetiana** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Transport Technologies, e-mail: [olf949@ukr.net](mailto:olf949@ukr.net).

**Pliekhova Ganna** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Informatics and Applied Mathematics, e-mail: [plehovaanna11@gmail.com](mailto:plehovaanna11@gmail.com)

**Narizhny Vyacheslav** – postgraduate student of the department of Technical Operation and Service of Automobiles.

**В. П. Волков<sup>1</sup>**  
**В. П. Кушель<sup>2</sup>**  
**Т. В. Волкова<sup>1</sup>**  
**Г. А. Плехова<sup>1</sup>**  
**В. В. Наріжний<sup>1</sup>**

## Технологія діагностування транспортних засобів

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

У статті на прикладі мехатронної системи керування двигуном та трансмісією транспортних засобів (автомобілів) показано особливості технології їхнього діагностування.

В електронній системі управління трансмісією об'єктом регулювання є головним чином автоматична трансмісія. Також закони управління (програми) перемикання передач в автоматичній трансмісії забезпечують оптимальну передачу енергії двигуна колесам транспортного засобу (ТЗ) з урахуванням необхідних тягово-швидкісних властивостей та економії палива. При цьому програми досягнення оптимальних тягово-швидкісних властивостей та мінімальної витрати палива відрізняються одна від одної, оскільки одночасне досягнення цих цілей не завжди можливе. Тому залежно від умов руху та бажання водія можна вибрати за допомогою спеціального перемикача програму «економія» – для зменшення витрат палива, програму «потужність» – для покращення тягово-швидкісних властивостей або програму «ручне», щоб перейти на перемикання передач водієм.

У свою чергу, можливості самодіагностики включають: ідентифікацію системи та електронні блоки управління (ЕБУ) (ECU); розпізнання, зберігання та зчитування інформації про статичні та поодинокі порушення роботи; зчитування поточних реальних даних, що включають умови довкілля та специфікації; моделювання функцій системи; програмування параметрів системи. Окремі програми для випробувального блока зберігаються в модулях, що підключаються, в той час як коригування і передача даних в системі здійснюються за допомогою інтерфейсу даних.

Зазначимо, що процес діагностування починається з ініціалізації систем – виявлення їх у складі електрообладнання ТЗ. За успішної ініціалізації можливо: прочитати пам'ять помилок; зробити стирання пам'яті помилок; переглянути дані наступної системи або вийти в головне меню; змінити показання вибраного розряду; здійснити корекцію поточного часу; зробити корекцію поточної дати та виконати низку додаткових функцій.

**Ключові слова:** транспортний засіб, технологія, мехатроніка, діагностування, методи дослідження, принципи побудови

**Волков Володимир Петрович** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: [volf-949@ukr.net](mailto:volf-949@ukr.net).

**Кушель Володимир Петрович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: [kuzhel2017@gmail.com](mailto:kuzhel2017@gmail.com).

**Волкова Тетяна Вікторівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних технологій, e-mail: [olf949@ukr.net](mailto:olf949@ukr.net).

**Плехова Ганна Анатоліївна** – канд. техн. наук, доцент кафедри інформатики та прикладної математики, e-mail: [plehovaanna11@gmail.com](mailto:plehovaanna11@gmail.com).

**Наріжний В'ячеслав Володимирович** – аспірант кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів.