

УДК 629.058

**Х.М. Салех<sup>1,2</sup>, Р.В. Нуждин<sup>2</sup>, С.В. Курочкин<sup>2</sup>**  
**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ТЕЛЕМАТИКИ**  
**В КОММЕРЧЕСКОМ АВТОТРАНСПОРТЕ**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»*

<sup>2</sup>*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых*

Приведен анализ систем телематики коммерческого транспорта и факторов, влияющих на ее применение. Предложены пути развития систем «Fleet management» в России, представлен прототип более доступной с экономической точки зрения телематической системы с функцией прогнозирования технического состояния подвижного состава на базе экспертной системы.

**Ключевые слова:** телематическая система, коммерческий транспорт, экспертная система, система бортовой диагностики автомобиля, архитектура интеллектуальной системы.

В настоящее время постоянно растет объем грузоперевозок, осуществляемых автомобильным коммерческим транспортом [1]. Вследствие этого данная сфера деятельности характеризуется расширенной нормативной базой, широкой зоной охвата и огромным количеством единиц подвижного состава – как частных грузоперевозчиков, так и огромных транспортных компаний. При осуществлении грузоперевозок владелец и/или водитель отдельно взятого коммерческого автомобиля, в силу требований действующего законодательства РФ, сталкивается с необходимостью реализации множества контрольных операций:

- контроль режима работы водителей (бортовой тахограф);
- контроль соблюдения маршрута (система «Платон»);
- контроль весового состояния транспортного средства (пункты весового контроля);
- контроль сохранности груза (бортовая диагностика, в некоторых компоновках транспортных средств);
- контроль технического состояния (бортовая диагностика, периодический технический осмотр);
- документальное сопровождение.

Все вышеперечисленные операции можно реализовать либо по отдельности, используя специализированное оборудование, либо с применением комплексной системы типа «Fleet management». Последняя включает в себя как телематику (удаленный контроль автомобиля в рейсе), так и документальное сопровождение. В нашей стране системы «Fleet management» находятся на начальном этапе развития и до настоящего времени не получили полноценного применения. В коммерческом автотранспорте сейчас широко используются системы телематики, позволяющие, в зависимости от комплектации, удаленно получать информацию о геолокации транспортного средства, уровне топлива в баке, техническом состоянии по результатам бортовой диагностики и т.д.

Рассмотрим анализ вышеуказанных систем различного типа (табл. 1). Системы «Fleet management» имеют схожую структуру, представленную на рис. 1. По сути, применение систем телематики позволяет решить вопрос совершенствования системы контроля грузоперевозок. Вместе с тем для дальнейшего развития сферы «Fleet management» в нашей стране необходимо:

- импортозамещение систем телематики зарубежного производства;
- улучшение потребительских свойств системы удаленной диагностики коммерческих автомобилей;
- расширение универсальности, информативности и применимости телематики.

Одним из вариантов решения данных проблем может являться система, структура которой представлена на рис. 2.

Таблица 1.  
Анализ систем телематики автотранспорта

Качества и функции системы	Наименование системы		
	Система «Transics» (WABCO) [2]	Бортовая диагностика прицепа «J-TDO» (Cojali Groop) [3]	Система спутникового мониторинга «Truck-control» [4]
Модульность	+	-	+
Геолокация	+	-	+
Контроль технического состояния автомобиля-тягача	-	-	-
Контроль технического состояния прицепа	+	+	-
Контроль весового состояния	+	+	+
Контроль режима работы водителя	+	-	+
Использование сервера хранения данных	+	-	+
Документальное сопровождение	+	-	-
Стоимость компонентов	Не функционирует в России	≈ 30 000 руб.	от 20 000 руб.

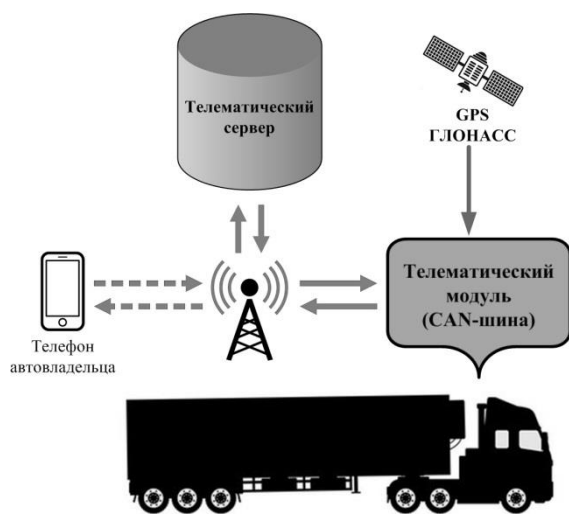


Рис. 1. Сложившаяся архитектура системы телематики («Fleet management»)

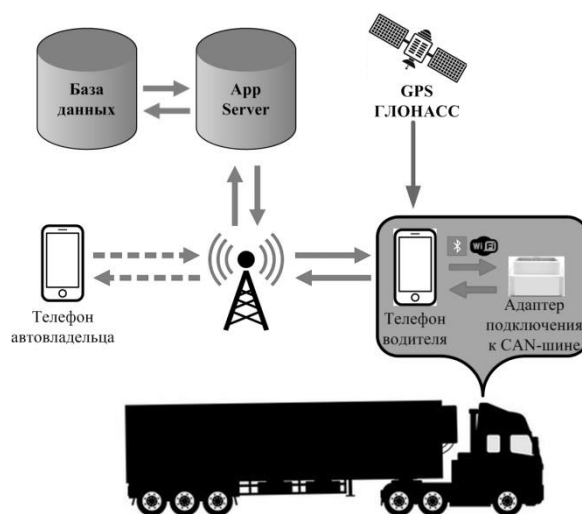


Рис. 2. Разрабатываемая система телематики

Строение системы подразумевает следующие процессы.

1. Считывание параметров технического состояния тормозной системы КТС должно происходить посредством подключения к штатному разъему (например, типа «OBD II») считывающего адаптера, оборудованного радио-модулем «Bluetooth», или «WiFi».
2. Хранение данных работы системы телематики должно быть осуществлено на специальном сервере.
3. Сбор, передача и отображение данных о техническом состоянии тормозной системы коммерческого автомобиля и о его геолокации должны быть реализовано при помощи смарт-

фона (планшета) с операционной системой Android 4.0 (и выше) и установленным разработанным приложением. Передача данных телефону от считывающего адаптера должна осуществляться по протоколу «Bluetooth», или «WiFi». Передача данных на сервер для хранения информации, а также на дополнительные устройства для дистанционного контроля технического состояния должна быть реализована через интернет. Данные о геолокации коммерческого автомобиля телефон должен получать от существующих сетей «GPS» и «ГЛОНАСС» посредством встроенных датчиков.

4. Управление, анализ и отображение данных о техническом состоянии тормозной системы транспортного средства и его геолокации требуется осуществить разработанным программным обеспечением.
5. Разрабатываемая система должна быть автономной, при ее работе не потребуется диспетчерский центр. Применение данной системы должно позволить отслеживать техническое состояние тормозной системы всего автопоезда.
6. Документальное сопровождение операций транспортировки груза должно быть обеспечено путем интеграции в программное обеспечение системы специального модуля документооборота.

Основными достоинствами подобного технического решения:

- комплексное решение для контроля транспортного средства в рейсе;
- исключение «человеческого фактора» в контрольных операциях путем введения самообучающейся экспертной системы;
- возможность совершенствования программного обеспечения и расширения его функций;
- низкая стоимость комплектующих системы;
- применение подобной системы не требует внесения изменений в конструкцию автомобиля и установки специализированных телематических модулей.

Помимо этого, в данной системе предлагается использование экспертной системы бортовой диагностики с возможностью прогнозирования технического состояния автомобиля. Архитектура системы диагностики [5] неисправностей колесного транспортного средства (КТС) представляет собой две подсистемы: подсистему приема и обработки информации и подсистему интерпретации полученной информации о состоянии объекта диагностирования (рис. 3).



Рис. 3. Архитектура интеллектуальной системы

Первая подсистема осуществляет прием данных по состоянию объекта и их последующую обработку (распределение данных, оценку переменных и их отображение). Вторая подсистема производит распознавание с помощью искусственной нейронной сети неисправностей систем колесного транспортного средства (КТС), а нечеткий контроллер дает рекомендации по реализации дальнейших действий (формирует выводы и предлагает вариант решения). В настоящее время ИС используются при решении различных задач: принятие решений в условиях неопределенности (неполноты), интерпретация символов и сигналов, предсказание, диагностика, конструирование, планирование, управление, контроль и др.

Можно выделить следующие основные этапы проектирования модели НС для оценки технического состояния КТС:

- 1) определение логических условий, выделяющих анализируемую выборку в зарегистрированных переходных процессах;
- 2) задание символьных нечетких переменных для векторов входа и выхода моделируемого объекта;
- 3) формирование базы «нечетких» правил, описывающей все возможные эксплуатационные режимы работы систем автомобиля;
- 4) создание на основании зарегистрированных выборок реальных переходных процессов исправной работы тренировочных, тестирующих и проверочных данных для обучения;
- 5) обучение адаптивной нейро-нечеткой сети.

Подобное представление позволяет сформировать свою систему диагностики на базе нейронной сети, определив все этапы проектирования, т.е., создать базу логических условий и правил для системы, спроектировать ее и обучить. Любая система диагностики опирается на исследование объекта диагностики (ОД), получение и преобразование сигналов, поступающих от объекта (интерфейс), нахождение и устранение неисправностей и оформление предположений о дальнейшей работе объекта. На вход ОД подается сигнал, с помощью которого на выходе выдается достоверная информация о работе всей системы в целом. Полученный сигнал через интерфейс преобразуется и поступает на вход нейронной сети (НС), где согласно алгоритму работы НС исследуется, и выводы о состоянии системы отображаются на экран.

Таким образом, задача диагностики электромеханического устройства на основе нейросетей сводится к исследованию изменений какого-либо параметра устройства, занесению в базу знаний (БЗ) информации об исправности и неисправности устройства по исследуемому параметру, сопоставление заложенной и полученной информации и формирование предложений по дальнейшей эксплуатации устройства. Одним из свойств НС является способность к обучению: эксперт-учитель закладывает в ее БЗ свои знания, выводы об исправности или неисправности той или иной системы, и НС сама представляет заключения о состоянии системы. Этим значительно упрощается диагностика. Нейросети также обладают высокой вычислительной мощностью и высокой отказоустойчивостью. При исследовании влияния свойств нейросети на качество диагностики на вход нейронной сети подается вектор (матрица из двух строк) с исправным и неисправным сигналами с КТС. Результатом обучения является отнесение неисправных точек (отклонение от нормы) ко второму классу (2 – неисправность при изменении параметров). Проводится процесс обучения и сеть тестируется для просмотра результатов обучения. С увеличением числа нейронов качество распознавания увеличивается.

Рассмотрим интеллектуальную систему диагностирования тормозной системы автомобиля. Ее основной задачей является определение технического состояния тормозной системы диагностируемого автомобиля и выдача рекомендаций при несоответствии параметров работы данной системы нормативным значениям. В данном случае применена экспертная система «дерево решений». Подзадачами системы являются:

- 1) машинное обучение для совершенствования алгоритма работы;
- 2) возможность прогнозирования по результатам собранных данных о работе системы;

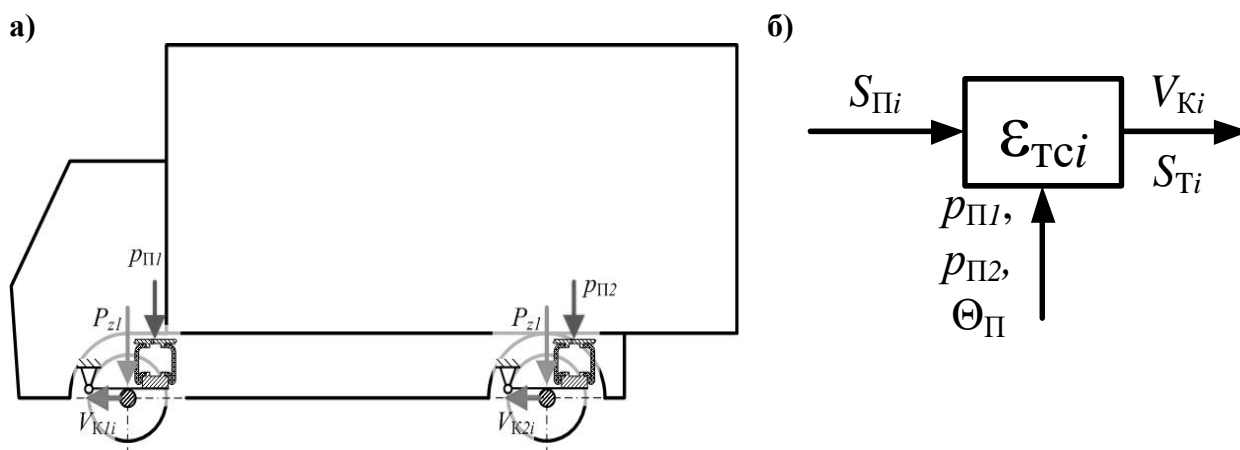
3) определения стиля вождения.

Решение задачи основывается на применении экспертной системы типа «дерево».

Расчетная схема процесса торможения автомобиля представлена на рис. 4.

Принятые условные обозначения:

- $\Theta_{\Pi i}$  – Прогиб упругого элемента механической подвески;
- $p_{\Pi 1}$  – давление в пневмоподвеске передней оси;
- $p_{\Pi 2}$  – давление в пневмоподвеске задней оси;
- $S_{Ti}$  – текущее значение тормозного пути;
- $S_{\Pi i}$  – текущее значение нажатия на педаль тормоза;
- $G_1$  – вес передней оси;
- $G_2$  – вес задней оси;
- $G_A$  – вес автомобиля;
- $V_{Ki}$  – скорость начала торможения колеса;
- $s_i$  – проскальзывание колеса;
- $\varepsilon_{TCi}$  – комплексный параметр тормозной системы;
- $j_{Ti}$  – текущее значение установившегося замедления при торможении;
- $j_{\varepsilon}$  – эталонное значение установившегося замедления при торможении.



**Рис. 4. Модель торможения автомобиля:**  
*а – схема сил, действующих на колеса автомобиля;*  
*б – расчетная схема определения диагностических показателей*

Диагностируемая система рассматривается как «черный ящик» (рис. 4, б), и ее характеристики описываются комплексным параметром тормозной системы  $\varepsilon_{TCi}$ . При осуществлении торможения система определяет текущее значение  $\varepsilon_{TCi}$  и сравнивает с эталонным и учётом границ допуска:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{TCi} &\geq [\varepsilon_{TC}] - \Delta([\varepsilon_{TC}]); \\ \varepsilon_{TCi} &\leq [\varepsilon_{TC}] + \Delta([\varepsilon_{TC}]). \end{aligned}$$

При работе экспертной системы происходит автоматическая корректировка значений  $[\varepsilon_{TC}]$  и  $\Delta([\varepsilon_{TC}])$  в зависимости от проскальзывания колеса  $s_i$ , зависящего от погодных условий. В данном случае величина  $\Delta([\varepsilon_{TC}])$  является критерием оценки стиля вождения, величина  $[\varepsilon_{TC}]$  характеризует текущее техническое состояние тормозной системы. Исходя из уровня  $[\varepsilon_{TC}]$  формируется прогноз работоспособности тормозной системы. Кроме того, при работе экспертной системы производится контроль отказов тормозной системы (параметр «Х»), при повторе которых система информирует о необходимости срочного ремонта. На начальном этапе работы будет осуществляться сбор базы данных  $[\varepsilon_{TC}]$  и  $\Delta([\varepsilon_{TC}])$  в зависимости от  $s_i$  в целях реализации машинного обучения экспертной системы.

Корректирующий параметр – уровень загрузки транспортного средства (в зависимости от типа подвески – давление в пневмоподвеске передней оси  $p_{П1}$  и давление в пневмоподвеске задней оси  $p_{П2}$ , или прогиб упругого элемента механической подвески  $\Theta_{Pi}$ ) и проскальзывание колеса  $s_i$ . Управляющий параметр – текущее значение нажатия на педаль тормоза  $S_{Пi}$ . Выходные параметры – скорость  $i$ -го колеса  $V_{Ki}$  и текущее значение тормозного пути  $S_{Ti}$ . Диагностические параметры – значение комплексного параметра тормозной системы  $\varepsilon_{TCi}$ . На рис. 5 представлена архитектура интеллектуальной системы диагностирования тормозной системы автомобиля, на рис. 6 приведен алгоритм реализации экспертной системы.

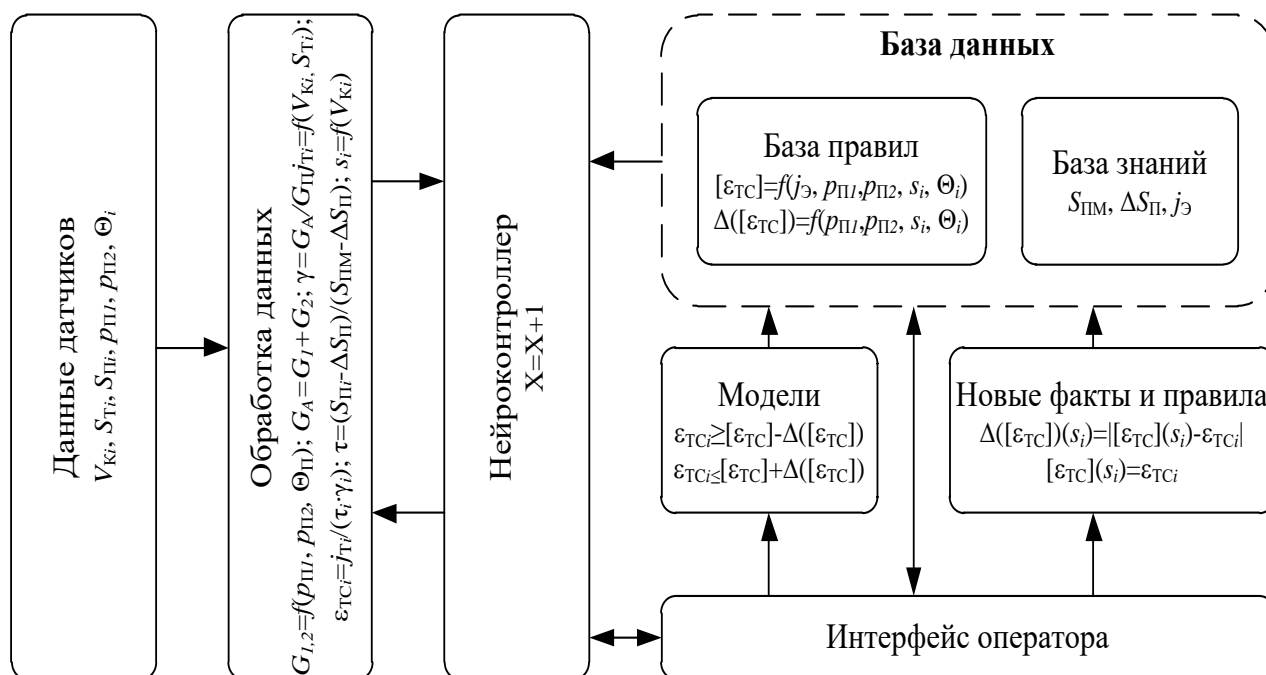


Рис. 5. Архитектура интеллектуальной системы диагностирования тормозной системы автомобиля

Применение предлагаемой системы позволит:

- повысить доступность системы телематики коммерческого транспорта;
- исключить «человеческий фактор» при эксплуатации и прогнозировании технического состава коммерческого транспорта;
- повысить безопасность перевозок и дорожного движения вследствие своевременного предупреждения интеллектуальной системой о возможном отказе.

При внедрении и развитии данной системы появится возможность ее интеграции с системами контролирующими органами, что приведет к упрощению осуществления ими контрольных операций.



*Библиографический список*

1. Транспорт России. Информационно-статистический бюллетень. Январь-сентябрь 2018 года [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.mintrans.ru/file/423607> (дата обращения 01.11.2019).
2. Transics a WABCO company TRANSICS INTERNATIONAL BVBA [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.transics.com/> (дата обращения: 28.08.2019)
3. Jaltest J-TDO Campo de Criptana, Ciudad Real, España. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.cojali.com/ru/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8-%D0%A1%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D1%88%D1%8E%D1%80%D0%B0-jaltest-j-tdo/> (дата обращения: 28.08.2019).
4. Спутниковый GPS/ГЛОНАСС мониторинг Truck-control [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://rus.truck-control.ru/> (дата обращения: 28.08.2019).
5. Веселов, О.В. Методы искусственного интеллекта в диагностике / О.В. Веселов, П.С. Сабуров. – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 251 с.