

УДК 004.8:629.3

В. П. Тарасик, д-р техн. наук, проф., С. А. Рынкевич, канд. техн. наук, доц.

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Рассмотрены проблемы создания систем диагностирования для автотранспортных средств. Отмечены ограничения и недостатки традиционно используемых методов при определении технического состояния механизмов автомобилей. Показаны пути решения проблемы диагностирования, которые базируются на применении технологий искусственного интеллекта, включающих теории экспертных систем, нечетких множеств и искусственных нейронных сетей.

Современные тенденции в области автоматизации характеризуются повсеместным применением ЭВМ, созданием машин со встроенными микропроцессорными средствами, обеспечивающими широкий спектр функций по управлению, контролю и защите, диагностированию, информационному обеспечению, безопасности и надежности. Появляются системы, наделенные искусственным интеллектом, обладающие принципиально новыми качествами [1]. Стремительное внедрение на автотранспортных средствах (АТС) микроэлектроники, тем не менее, оставляет нерешенными проблемы, связанные с синтезом соответствующих систем управления и диагностирования и разработкой алгоритмов функционирования.

Несмотря на большое разнообразие и широкие возможности традиционно используемых методов диагностирования, им присущ ряд недостатков. Основные недостатки следующие:

- сложность при оценке технического состояния по измеренным параметрам;
- значительная трудоемкость проводимых в процессе диагностирования работ;
- несовершенство методов и средств диагностирования;
- ограниченные функциональные возможности традиционных средств диагностирования;
- низкая оперативность традиционных методов диагностирования;
- невысокая точность при постановке технического диагноза;
- низкая достоверность диагностирования.

Сложность в оценке технического состояния выражается в сложности, а зачастую и невозможности обработки большого количества диагностических параметров, а также невысокой вероятности прогнозирования остаточного ресурса.

Значительная трудоемкость работ по диагностированию предполагает большие затраты времени на обработку информации даже при наличии ЭВМ; трудности с организацией процесса диагностирования в режиме реального времени; невысокое быстродействие процесса диагностирования. Следует отметить также невозможность оперативной выдачи решений (постановки технического диагноза) в связи с тем, что после сбора информации требуется определенное время на дальнейшую обработку результатов.

Низкая оперативность традиционных методов выражается в том, что они не обеспечивают возможности оперативного реагирования на всевозможные изменения факторов и возмущений (характеристик механизмов, внешней среды и человека).

Сравнительно низкая точность постановки технического диагноза обусловлена несовершенством используемых технических средств диагностирования. Причиной недостаточно высокой точности локализации неисправностей могут быть те применяемые методы диагностирования, в основе которых положен анализ статической и неизменной информации (либо когда отсутствует возможность учета новых данных).

К низкой достоверности диагности-

рования приводит ряд факторов. Среди них погрешности измерений (неточности и несовершенство средств и методов измерения, влияние на процесс обработки информации различных факторов); недостаточно достоверные экспертные знания (например, из-за невысокой квалификации эксперта); неверный выбор диагностических параметров и их сочетаний; неверный выбор метода или средств измерений; возникновение новых, неучтенных в базе знаний факторов.

Отдельно следует отметить недостатки вероятностно-статистических методов. Недостатками статистических методов являются: сложность аппарата для статистической оценки коэффициентов уравнений и их погрешностей; необходимость в проведении большого объема статистических испытаний для получения регрессионных моделей; сложность алгоритма вывода решения. Недостатки вероятностных методов: возможность использования метода только при наличии статистических данных об изменении структурных и диагностических параметров, получаемых при всех видах испытаний и ремонтов объекта; сложность алгоритма обработки статистических данных; невозможность обеспечения требуемого объема или длительности наблюдений из-за особенностей эксплуатации объекта; невысокая точность и низкая достоверность получаемых результатов. Недостатками, которые присущи одновременно вероятностным и статистическим методам, являются: большие затраты времени на обработку результатов и получение диагноза; сложность алгоритмов методов и невозможность их реализации в режиме реального времени.

Несмотря на прогрессивность автоматизированных средств и систем контроля технического состояния, в силу разных причин (отсутствие технической возможности, неиспользование или недостаточное использование интеллектуальных технологий), им присущи серьезные недостатки. Это:

- ограниченные возможности средств вывода технического диагноза;
- трудности с локализацией неис-

правности и ее вербализацией;

- недостаточное количество диагностической информации;

- снижение функциональных возможностей человека по управлению объектом или технологическим процессом;

- ограниченные возможности средств визуализации и отображения результатов технического диагностирования, несовершенство элементов приборных панелей существующих мобильных машин;

- неудовлетворительное распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной, неопределенной и трудноформализуемой информации и в связи с этим, невозможность раннего предупреждения неисправностей;

- отсутствие в традиционно используемых протоколах передачи данных конфигурационной гибкости, режима обнаружения ошибок, наличие односторонности передачи информации, невозможность восприятия информации в зависимости от ее приоритета и степени важности (в отличие от прогрессивных CAN-протоколов);

- несвоевременность доставки информации по назначению и неоперативность ее отображения;

- несовершенство датчиков и оборудования для сбора и обработки информации; неполное использование возможностей современных компьютерных средств контроля и отображения информации, а также несоответствие средств получения информации новым возможностям ее обработки и анализа;

- невысокая надежность систем контроля, что снижает безопасность эксплуатации подвижного объекта.

Ограниченные возможности средств вывода технического диагноза связаны с наличием только простых двужначных утверждений типа «исправный» (1) – «неисправный» (0). Этого явно недостаточно, поскольку современные диагностические системы должны распознавать опасные условия функционирования, причины и тип возникших неис-

правностей, четкое и однозначное описание которых средствами ограниченной логики невозможно. Следует отметить также некорректность вывода информации о техническом состоянии из-за неоднозначности связи между признаками, проявлениями и причинами неисправности. Зачастую имеет место нехватка одной лишь световой и звуковой сигнализации при достижении контролируемых параметров предельных значений, поскольку не все существующие на мобильных машинах системы мониторизированы для указания неисправного элемента и параметра, достигшего предельного значения.

Трудности с локализацией неисправности и ее вербализацией возникают при попытках конкретного подробного описания, так как традиционным системам диагностирования предписано осуществлять выбор лишь из двух состояний: «исправное» и «неисправное», – что является не всегда обоснованным.

Недостаточное количество диагностической информации выражается в ее нехватке и ограниченных возможностях одновременного контроля множества параметров.

Снижение функциональных возможностей человека по управлению объектом или технологическим процессом проявляется в том, что увеличение числа контролируемых параметров во встроенных системах диагностирования затрудняет восприятие информации и приводит к перегруженности оператора. Также при получении общих картин функционирования объекта с использованием традиционных бортовых систем контроля и панелей приборов имеет место субъективная оценка оператора, во многом зависящая от его квалификации.

Основная проблема диагностирования связана с многообразием и огромной сложностью происходящих при функционировании объекта процессов. Для ее решения необходимо использовать технологии и методы, основанные на других подходах, отличных от тех, которые опираются на принципы классической теории авто-

матического управления.

На основе всестороннего анализа традиционной теории диагностирования можно выделить несколько противоречий, возникших на нынешнем этапе развития научно-технического прогресса.

С одной стороны, появились широкие возможности диагностирования, связанные с развитием и внедрением на технических объектах современных быстродействующих систем, совместимых с портативной вычислительной техникой, появлением развитого программного обеспечения, прикладных средств и программных комплексов. Применение портативного оборудования и оснащение им специализированных диагностических постов, естественно, существенно ускоряет процесс оценки технического состояния механизмов и даже в некоторой степени позволяет снизить степень субъективной оценки при постановке диагноза.

В то же время возникает существенное противоречие традиционных алгоритмов диагностирования: чем больше полнота получаемой диагностической информации, тем длительнее сама процедура диагностирования традиционно используемыми методами и средствами. Сюда следует отнести также низкое быстродействие получаемого диагноза и неточность указания места локализации неисправности. А это чревато серьезными последствиями: снижением эффективности технического диагностирования и, как следствие, возникновение неисправностей и поломок из-за не обнаруженных и своевременно не предотвращенных опасных и аварийных ситуаций, что приводит к снижению безопасности.

Системы автоматизированного диагностирования, использующие традиционные и порой устаревшие методы, позволяют решать частные диагностические задачи, но не обладают оперативностью, не способны функционировать в режиме реального времени, не приспособлены к постоянно изменяющимся условиям. Они не учитывают одновременно многих обстоятельств и ситуаций, не способны

подвергать адекватному анализу характеристики механизмов, внешней среды, субъективные факторы, связанные с деятельностью водителя, механика и т. д. И хотя появились новые средства измерения и электронные устройства, это, однако, не решает проблемы в полной мере и требует поиска других подходов.

Появление новых средств и методов получения, представления, передачи и обработки информации, увеличение возможностей бортовых компьютеров и средств микропроцессорной техники, ис-

пользование новых технологий стимулировало процесс разработки перспективных диагностических систем, использующих новые информационные технологии.

В связи с качественным прогрессивным изменением уровня производительных сил общества в настоящее время назрела необходимость формирования новой парадигмы, т.е. совокупности мировоззренческих концепций, лежащих в фундаменте соответствующей науки (рис. 1).

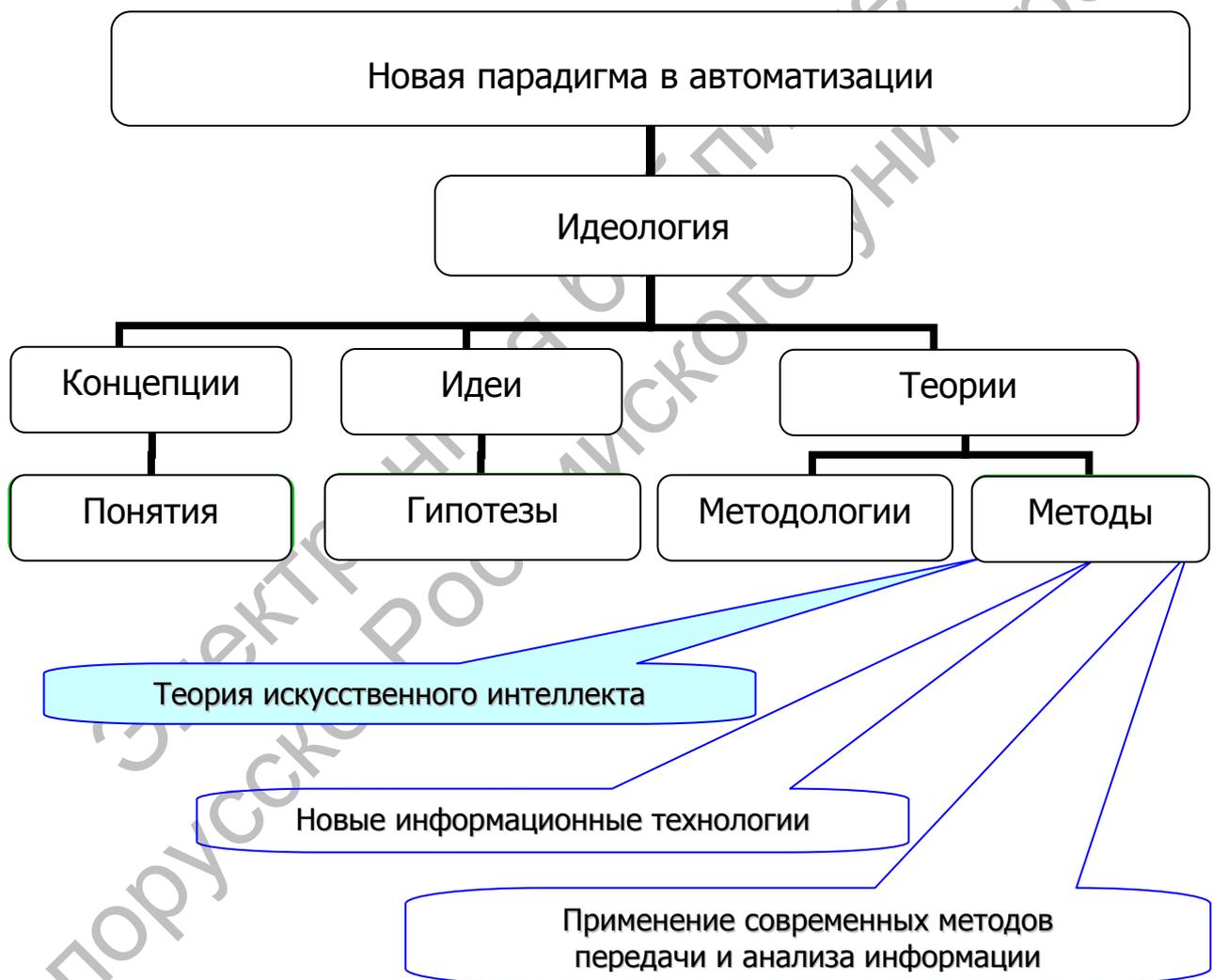


Рис. 1. Новая парадигма в автоматизации

Парадигма включает: концептуальные рамки науки; основные установки; конкретные традиции научного исследо-

вания; совокупность убеждений, ценностей и технических средств; главные философские элементы и т. д. В основе этой

парадигмы лежит новая идеология автоматизации. Главное направление и задача новой идеологии автоматизации – это обеспечение высокого технического уровня создаваемых объектов АТС, их совершенствование и повышение конкурентоспособности. Новая идеология предусматривает совокупность интеллектуального управления, применение новых методов получения и представления информации и новых информационных технологий. В связи с этим она порождает ряд концепций, теорий, тенденций и идей, требующих разработки соответствующего понятийного аппарата, гипотез, методологий и методов.

Идеология автоматизации управления и диагностирования воплощается в практи-

ку на основе создания соответствующих интеллектуальных систем (рис. 2). В настоящее время процесс автоматизации управления и диагностирования АТС должен осуществляться на основе создания интеллектуальных систем, способных одновременно учитывать большое количество различных характеристик, функционировать в режиме реального времени и реализовывать алгоритмы, подобные логике человеческого мышления. Интеллектуальные системы (ИС), в отличие от обычных, работают со знаниями; они наделены функциями распознавания, обучения, прогнозирования.



Рис. 2. Идеология автоматизации управления и диагностирования на основе создания интеллектуальных систем

В основе создания ИС лежат принципы искусственного интеллекта. Использование этих принципов позволяет значительно расширить потенциальные возможности методов и средств диагностирования и получить гибкие алгоритмы диагности-

рования, отражающие многообразие различных факторов. Системы диагностирования, функционирующие по таким алгоритмам, способны в сложной обстановке оперативно принимать решения, свойственные логическому мышлению человека;

непрерывно реагировать на всевозможные изменения внешних воздействий; осуществлять постоянный анализ и оценку текущих ситуаций; идентифицировать и распознавать их; обеспечивать с человеком взаимопонятный диалог и давать рекомендации водителю или оператору; осуществлять анализ речевых команд и т. д.

В качестве научной основы создания таких систем используются новое научное направление под названием «Теория искусственного интеллекта» (ТИИ). ТИИ включает в себя различные информационные технологии. Наиболее распространенные технологии искусственного интеллекта – это экспертные системы, теория нечетких множеств и теория искусственных нейронных сетей.

Использование этих технологий дает возможность выхода на новый уровень проектирования систем диагностирования. Создание интеллектуальных диагностических систем (ИДС) и интеллектуальных систем управления и диагностирования (ИСУД) позволяет решить ряд проблем. Во-первых, появляется возможность создания систем диагностирования, использующих большое количество информации различной физической природы. Во-вторых, возникают условия для создания и реализации гибких алгоритмов, позволяющих системам приспосабливаться к изменению различных ситуаций и условий эксплуатации. В-третьих, упрощается конструкция систем диагностирования и снижается стоимость создаваемых изделий. В-четвертых, появляются возможности использования программ диагностирования в режиме реального времени. В-пятых, системы, наделенные интеллектуальными качествами, приобретают способность к обучению (самообучению). Это выражается в расширении и значительном пополнении базы знаний таких систем в процессе эксплуатации объекта диагностирования; накоплении и осмыслении информации; запоминании и распознавании различных ситуаций, в том числе проявлений неисправностей,

причин и условий их возникновения.

В рамках новой идеологии автоматизации были разработаны стратегия и методология синтеза интеллектуальных систем управления и диагностирования (ИСУД) для АТС (рис. 3). Стратегия включает в себя несколько важнейших этапов: *разработка концепции ИСУД; разработка общей структуры ИСУД; синтез алгоритмов функционирования ИСУД; создание ИСУД в виде готового изделия; его реализация на объекте.*

Данные этапы диалектически взаимосвязаны и соответствуют следующим иерархическим уровням: философия и идеология; теоретизация; инженерия творчества; проектирование и производство; прогноз и перспективы.

Применительно к сфере автомобилестроения разрабатываемые системы технического диагностирования должны обеспечивать следующие основные функции:

- оперативное определение технического состояния основных механизмов автомобиля в текущий момент времени;
- диагностирование параметров элементов и механизмов трансмиссии, тормозной системы, подвески, гидропривода;
- осуществление непрерывного контроля основных параметров механизмов и их элементов (температуры, давления масла в магистралях и фрикционах, напряжения на электромагнитах и др.);
- идентификация и предотвращение опасных ситуаций, связанных с управлением автомобилем и функционированием его механизмов;
- осуществление защиты от ошибочных управляющих действий водителя;
- анализ информации о текущих процессах с выдачей водителю сигналов отклонений от технических требований;
- осуществление измерения пробега автомобиля, расхода топлива, количества перевозимого за смену груза и других параметров;
- обеспечение приема информации от других измерительных систем по лю-

бому из стандартных интерфейсов;

- выдача результатов диагностирования в текстовом и графическом виде;
- отображение текущего состояния объектов диагностирования в графическом режиме на дисплее в виде вербальной, символической информации;
- осуществление диспетчеризации и

ведения протоколов работы системы;

- хранение в памяти результатов текущего диагностирования, а также результатов технического состояния, в котором находился автомобиль в прошлом, с возможностью выведения их на печать или перезаписи на электронные носители информации.



Рис. 3. Стратегия синтеза интеллектуальных систем управления и диагностирования для АТС

При использовании ТИИ для обеспечения отмеченных выше функций ИДС должна иметь оригинальную конфигурацию и структуру. Помимо традиционных микропроцессорных модулей, в ее состав должна входить экспертная система, реализующая технологии нечеткой логики или искусственных нейронных сетей. В первом случае экспертная система выполняется на основе

нечеткого контроллера с соответствующей аппаратной и программной реализацией и содержит интеллектуальный интерфейс с вычислительной системой верхнего уровня (RS-232, RS-485, CAN 2.0 В) и интеллектуальный интерфейс с подсистемой нижнего уровня (CAN 2.0 В, RS-485) с возможностью подключения любых локальных микропроцессорных устройств,

поддерживающих стандартный протокол CAN 2.0 В.

На кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета разработаны группы диагностических и контролируемых параметров ИДС. Основные диагностические параметры, такие как частота вращения вала двигателя, турбинного вала гидротрансформатора, входного и выходного валов коробки передач; положе-

ние педали акселератора; положение педали тормоза; скорость автомобиля; степень загрузки; давление в подвеске и другие, описываются функциями принадлежности.

Экспертная система с нечеткой логикой включает в себя базу знаний, механизм логического вывода и подсистему пользовательского интерфейса (рис. 4).

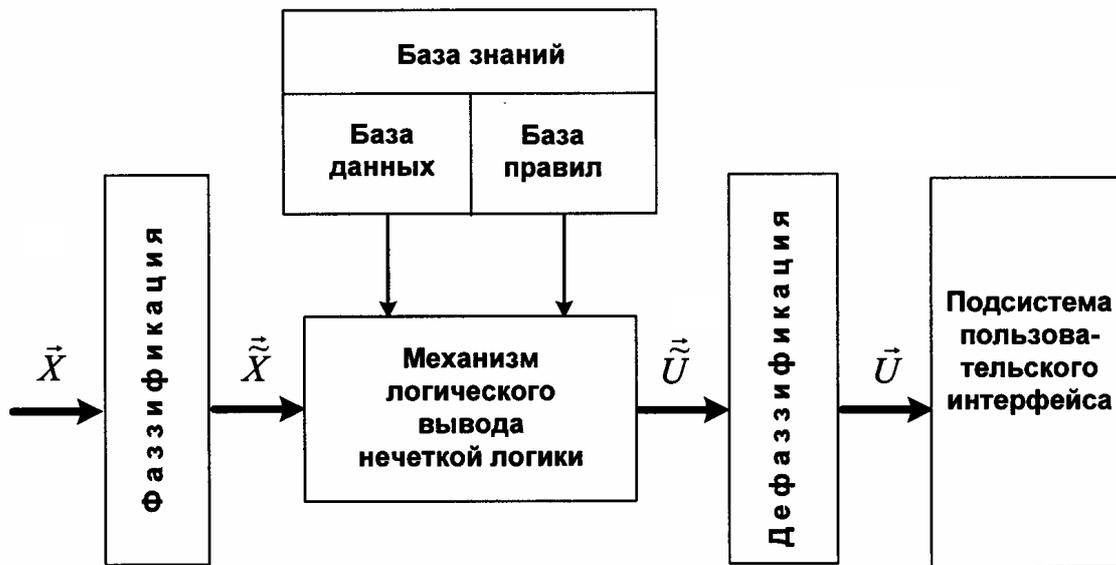


Рис. 4. Структура экспертной системы с нечеткой логикой

Экспертная система с нечеткой логикой (см. рис. 4) переводит вектор диагностических (информационных) переменных \vec{X} в вектор технических диагнозов \vec{U} , которые в виде вербальных сообщений доступны пользователю (водителю, оператору).

База знаний экспертной системы наделяется комплексом продукционных правил, регламентирующих получение сигналов логического вывода, которые используются при постановке технического диагноза. Она формируется на основе достоверной экспертной информации о поведении диагностических параметров, их взаимосвязи и влиянии на характер возникновения и последствия той или иной неисправности.

Механизм логического вывода позволяет выводить заключения из информации, имеющейся в базе знаний, посредством процедур фаззификации/дефаззификации.

Варианты построения экспертных систем и реализуемые в них методы могут быть различными. На рис. 5, а показан пример созданной экспертной системы для диагностирования гидромеханической передачи мобильной машины.

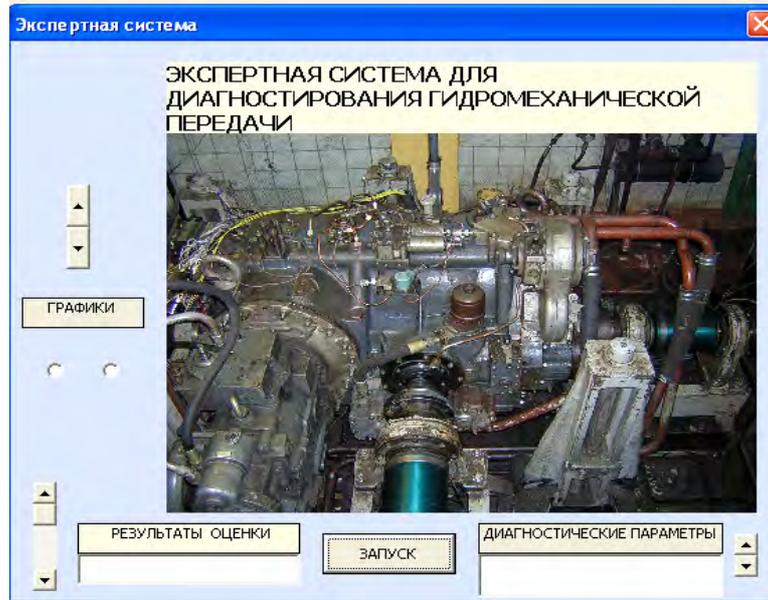
Для вывода оператору сообщений экспертной системы могут создаваться специальные диалоговые окна (рис. 5, б, в).

Для анализа технического состояния автомобиля по изменению характеристик диагностических параметров и их поведению разработана специальная

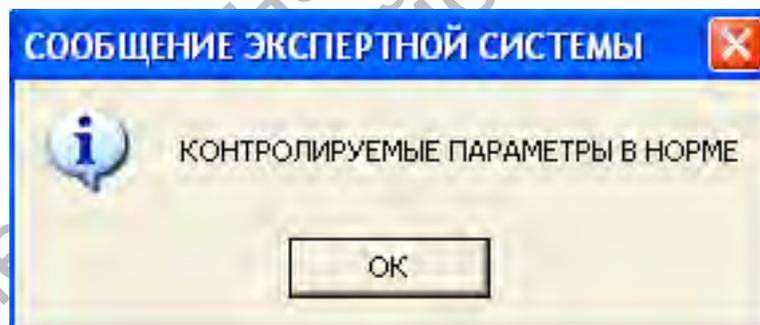
методика. Она включает следующие этапы: формирование диагностической базы знаний нечеткой логики; обработка диагностической информации и формирование процедур нечеткой логики; вывод

решения по совокупности правил нечеткой логики и получение однозначного технического диагноза; оценка результатов и прогнозирование.

а)



б)



в)

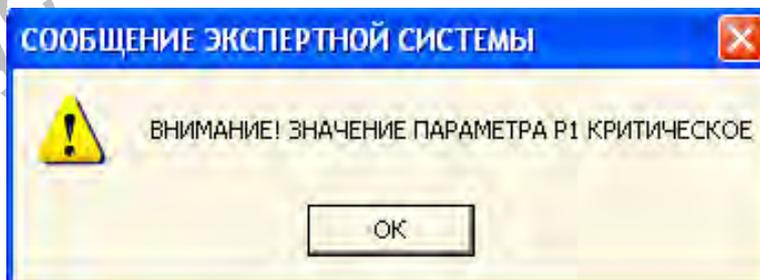


Рис. 5. Экспертная система для определения технического состояния гидромеханической передачи: а – исходное состояние; б, в – диалоговые окна экспертной системы в случае отклика на нормальное (б) и опасное (в) состояние

Вывод: создание систем диагностики для объектов автотранспортной техники должно базироваться на применении новых информационных технологий и методах теории искусственного интеллекта, включающей экспертные системы, теории нечетких множеств и

искусственных нейронных сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тарасик, В. П.** Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Минск : Технопринт, 2004. – 512 с. : ил.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 12.01.2007

V. P. Tarasik, S. A. Rynkevich
Problems of diagnostic of the automobile
and ways of it decisions
Belarusian-Russian University

The problems of diagnostic of the automobile are reviewed. Marked disadvantages ordinary methods of technical diagnosis of automobiles. Ways of solution of diagnostic problems is given. They must be based on intelligent system technology, fuzzy sets theory and neural network.