

УДК 629.36, 681.518.5

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ И ШАССИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Кобзев А.А., Мишулин Ю.Е., Шахнин В.А.

ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: hotz@mail.ru

В статье рассмотрены средства контроля и диагностирования систем, агрегатов и узлов транспортно-го средства. По результатам анализа данных, полученных от средств диагностирования, разрабатываются блок-схемы структурно-следственных связей. Алгоритмы диагностирования построены таким образом, что по выбранному перечню параметров и последовательности их измерения определяется работоспособность объекта и локализуются выявленные неисправности. Рассматривается программная реализация системы для проведения диагностирования двигательной установки и шасси транспортного средства. Структура программного обеспечения реализует цикл диагностики и контроля состояния по заложенным в нее алгоритмам работы и максимально приближена к структуре информационно-управляющей системы. Комплекс позволяет отлаживать алгоритмы с введением различных начальных условий и ограничений. Алгоритмы обеспечивают формирование сообщений на пульте отображения информации механика-водителя и передачу в аппаратуру управления информации об аварийных ситуациях. Программное обеспечение позволяет проводить обучение членов экипажа, с возможностью отладки алгоритмов с изменением значений всех параметров.

Ключевые слова: транспортное средство, двигатель, шасси, диагностирование, вычислительное устройство, алгоритм, программа, база данных

PROGRAM REALIZATION OF SYSTEM OF DIAGNOSING OF THE ENGINE AND THE VEHICLE CHASSIS

Kobzev A.A., Mishulin Y.E., Shakhnin V.A.

Vladimir state university of a name of Alexander Grigorevicha and Nikolay Grigorevicha Stoletovyh, Vladimir, e-mail: hotz@mail.ru

In article control devices and diagnosing of systems, units and vehicle knots are considered. By results of the analysis of the data received from diagnostics tools, block diagrams of structurally-investigatory communications are developed. Algorithms of diagnosing are constructed in such a manner that under the chosen list of parameters and sequence of their measurement working capacity of object is defined, and the revealed failures are localized. Program realization of system for carrying out of diagnosing of impellent installation and the vehicle chassis is considered. The software structure realizes a cycle of preliminary treatment and condition control on the algorithms of work put in it and is as much as possible approached to structure of information-steering system. The complex allows to debug algorithms with introduction of various entry conditions and restrictions. Algorithms provide formation of messages on the panel of display of the information of the mechanic-driver and drive to equipment of steering of the information on emergencies. The software allows to carry out training of crewmen, with possibility of debugging of algorithms with change of values of all parameters.

Keywords: a vehicle, the engine, the chassis, diagnosing, the computer, algorithm, the program, a database

Возрастающие требования по повышению технического оснащения и совершенствованию специальной техники требуют автоматизации и информатизации рабочих мест экипажей специальных транспортных средств. В этом случае решается целый ряд задач, связанных с разработкой алгоритмов диагностирования и управления двигателем и шасси.

Средства диагностирования представляют собой специальные приборы и стенды, которые могут быть внешними и встроенными. Внешние подсоединяются или работают с контролируруемыми изделиями только во время проведения контроля и не являются элементами изделия, а встроенные (бортовые) являются конструктивными элементами объекта и осуществляют контроль непрерывно или периодически по определенной программе.

Внешние средства диагностирования могут быть стационарными (стенды тор-

мозные, для проверки углов установки колес и др.) и переносными (тестеры, газоанализаторы, дымомеры, и др.).

Встроенные средства диагностирования включают в себя входящие в конструкцию машины датчики и приборы (блоки питания, электронно-вычислительные приборы, индикацию) для обработки диагностических сигналов и непрерывного или достаточно частого измерения параметров технического состояния. Простейшие средства встроенного диагностирования реализуются в виде традиционных приборов щитка водителя. Более сложные средства встроенного диагностирования позволяют водителю постоянно контролировать состояние систем, узлов и агрегатов машины, таких как, тормозная система, рулевое управление, амортизаторы, подвеска, шины и колеса, система освещения и сигнализации.

Построению алгоритма диагностирования должен предшествовать анализ ста-

тистических данных на наиболее часто повторяющиеся неисправности и отказы. На основании данных анализа разрабатываются блок-схемы структурно-следственных связей: диагностируемая машина – агрегат – система – механизм – узел – элемент – структурный параметр – неисправность – внешний признак (симптом) – диагностический параметр. Число звеньев в цепи в каждом конкретном случае (применительно к различ-

ным системам и агрегатам) может меняться. Каждое звено определяет задаваемый уровень поиска или технологического шага, направленного на установление неисправности.

Взаимосвязь структурных и диагностических параметров автомобиля в общем виде может быть представлена блок-схемой (рис. 1), где все системы и агрегаты машины разделены на две группы (возможны и другие классификации).

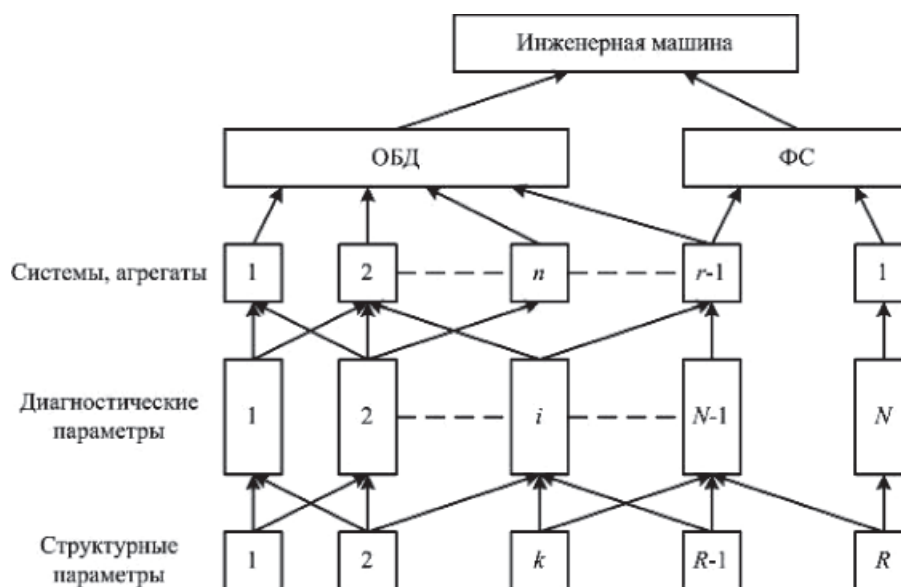


Рис. 1. Взаимосвязь структурных и диагностических параметров

Первая группа состоит из систем, агрегатов и узлов, обеспечивающих безопасность движения (ОБД), а вторая – содержит остальные функциональные системы (ФС). Каждая группа включает в себя определенное число n агрегатов и систем из общей совокупности r . Техническое состояние каждого агрегата (системы) характеризуется каким-то набором $i \leq N$ диагностических параметров, где N – общее количество диагностических параметров, характеризующих состояние машины, его отдельных агрегатов и систем. Каждый из i -х диагностических параметров зависит от значений соответствующих им k -х структурных параметров, характеризующих состояние объекта, его отдельных агрегатов и систем.

Алгоритм диагностирования строится таким образом, чтобы по выбранному перечню параметров и последовательности их измерения определить работоспособность объекта и локализовать выявленные неисправности. Глубина локализации неисправности определяется в каждом конкретном случае своим уровнем: заменой детали, заменой или ремонтом узла или агрегата, проведением необходимых регулировочных работ. Этот уровень определяется эксплу-

атационными факторами (если требуется, то и экономическими), нормируемыми показателями надежности, требованиями обеспечения безопасности экипажа машин, сохранения экологических характеристик и выполнения поставленных задач. Заключительными этапами является разработка базовой и комплексной маршрутных технологий. В основу построения алгоритма закладываются задачи статистического моделирования.

На рис. 2. приведен обобщенный алгоритм диагностирования систем, агрегатов и узлов с использованием встроенных датчиков, обеспечивающий формирование и отображение сообщений об аварийных ситуациях механику-водителю и членам экипажа.

На рисунке обозначено: $[G]_i$ – предельно-допустимые значения контролируемых параметров агрегатов, узлов, систем; G_i – текущие значения контролируемых параметров.

Техническое состояние машин определяется структурными параметрами, однако в большинстве случаев невозможно осуществить их контроль без разборки. Для этой цели используют диагностические параметры – косвенные величины, связанные со

структурными параметрами и несущие достаточную информацию о техническом состоянии объекта.

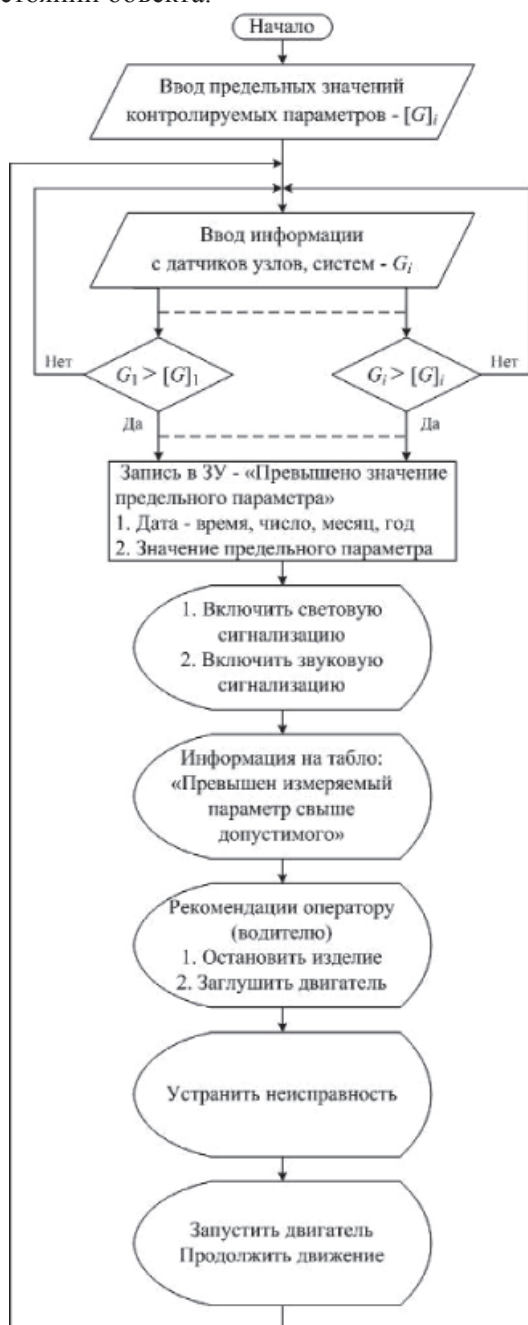


Рис. 2. Обобщенный алгоритм диагностирования систем, агрегатов и узлов ТС

В качестве диагностических параметров при оценке технического состояния машин используют:

- параметры рабочих процессов;
- параметры сопутствующих процессов (вибрации, шумы и т.п.);
- геометрические параметры (зазоры, свободный ход, люфты, несоосности и др.).

Выбор диагностических параметров определяется их взаимосвязью со структурными параметрами. Из всего комплекса диагностических параметров выбираются те, которые удовлетворяют требованиям однозначности, стабильности, чувствительности, информативности и технологичности. Вполне очевидно, что чем больше диагностические параметры удовлетворяют рассматриваемым требованиям, тем эффективнее их использование при определении технического состояния объекта.

Целью диагностирования является определение работоспособности системы и локализация имеющейся неисправности. Локализация неисправностей, т.е. их поиск и устранение, является неотъемлемой частью технологического процесса диагностирования. Основные метрологические требования, которым должны удовлетворять методы и средства локализации неисправностей, не отличаются от требований к самому процессу диагностирования. К ним относятся точность, достоверность, быстрдействие и эффективность.

Результаты анализа надежности многочисленных объектов свидетельствуют, что в процессе длительной и интенсивной эксплуатации почти все показатели надежности существенно изменяются и, более того, ухудшаются. Оказывается, что по мере воздействия эксплуатационных факторов в объектах зарождаются, развиваются и накапливаются повреждения, которые, в свою очередь, являются причинами зарождения и развития отказов. Объекты как бы «стареют».

В противовес этому негативному процессу должен быть поставлен позитивный процесс своевременного и качественного выполнения ремонтно-профилактических работ, работ по уходу, грамотной эксплуатации. Следовательно, необходимо решить такую задачу, чтобы по результатам проведенного диагностирования можно было осуществить прогнозирование технического ресурса устройств.

Существует достаточно много методов прогнозирования технического состояния. Это статистический анализ, диагностирование по результатам измерения параметров, метод доверительных интервалов, диагностирование по допустимому уровню вероятности безотказной работы, по частной реализации диагностического параметра, по технико-экономическим показателям с учетом вероятности безотказной работы агрегата. Выбрать рациональную периодичность и рациональный объем ремонтно-профилактических работ можно только на

основе систематического сбора и глубокого анализа данных по результатам диагностирования.

В соответствии с приведенными высказываниями разработано технологическое программное обеспечение, реализующее цикл диагностики и контроля состояния по заложенным в него алгоритмам работы, которые впоследствии переключаются на бортовую систему управления.

Программа обеспечивает отработку следующих алгоритмов:

1. Запуск ДВС стартер-генератором.
2. Запуск ДВС комбинированным способом.
3. Прогрев ДВС после пуска.
4. Контроль низкой температуры охлаждающей жидкости и масла в ДВС.
5. Контроль предельной температуры охлаждающей жидкости.
6. Контроль предельной температуры масла в ДВС.
7. Контроль давления масла в ДВС.
8. Контроль максимальных оборотов коленчатого вала ДВС.
9. Контроль падения давления масла ниже допустимого на восьмой опоре коленчатого вала.
10. Контроль давления масла в трансмиссии при эксплуатационном режиме.

11. Контроль моточасов работы ДВС.
12. Проверка саморазряда аккумуляторных батарей.
13. Проверка напряжения аккумуляторных батарей.
14. Проверка силы зарядного тока.
15. Проверка сопротивления (исправности) воздухоочистителя.
16. Контроль топлива в баках.
17. Контроль давления воздуха в воздушной системе.
18. Контроль скорости движения изделия (с учетом показаний датчиков левого и правого направляющих колес).
19. Контроль пройденного пути (с учетом показаний левого и правого направляющих колес).

В качестве базовой операционной системы для технологического программного обеспечения выступает ОС Microsoft Windows XP.

Структура ПО, представленная на рис. 3, максимально приближена к структуре информационно-управляющей системы, за счет применения технологии межпроцессорного взаимодействия и средств синхронизации потоков. В ПО реализован механизм независимого виртуального времени, при помощи которого реализуются стандарты ОСПВ.

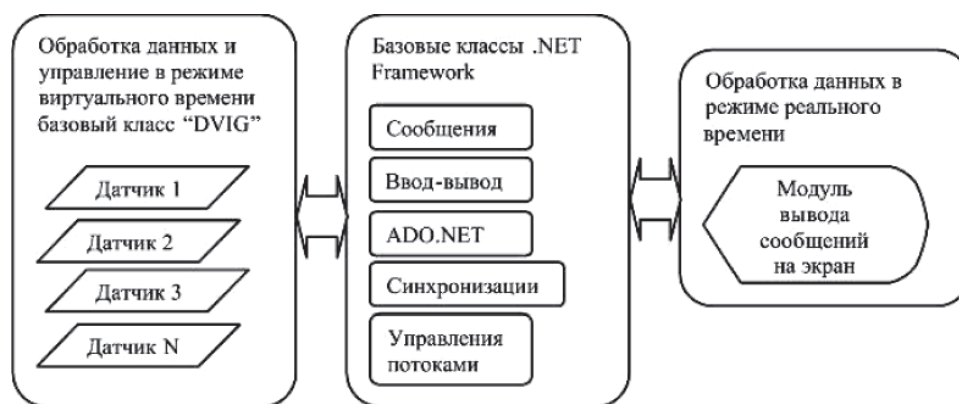


Рис. 3. Структура технологического ПО

Для проведения диагностирования работы двигателя и его состояния необходимо иметь информацию об основных параметрах, позволяющих сделать заключение о его работоспособности. Часть информации можно получить с датчиков, установленных на двигателе, а основная информация получается аналитической обработкой первичных сигналов с датчиков. Контролируются следующие параметры двигателя, получаемые с датчиков: температура охлаждающей жидкости, температура масла, давление масла, частота вращения коленчатого вала.

При диагностировании шасси осуществляется контроль давления масла коробки передач, скорости движения, тока заряда аккумуляторных батарей, напряжения бортовой сети, количества топлива, сопротивление воздухоочистителя, давление воздуха в воздушной системе, информации о количестве заряженных баллонов противопожарного оборудования, пройденном пути. Возможен контроль и других параметров.

Алгоритмы управления двигателем обеспечивают подготовку к пуску, защиту от перегрева и разноса, остановку двигателя.

Пуск двигателя осуществляется с автоматическим выбором оптимальной последовательности в зависимости от состояния узлов и агрегатов шасси, их теплового состояния.

При управлении движением осуществляется блокировка передач при переключении с высших передач на низшие (контроль превышения максимальных обо-

ротов двигателя) и управление подтормаживанием.

Алгоритмы обеспечивают формирование сообщений на пульте отображения информации механика-водителя и передачу в аппаратуру управления информации об аварийных ситуациях.

Диалоговое окно обучающей программы приведено на рис. 4.

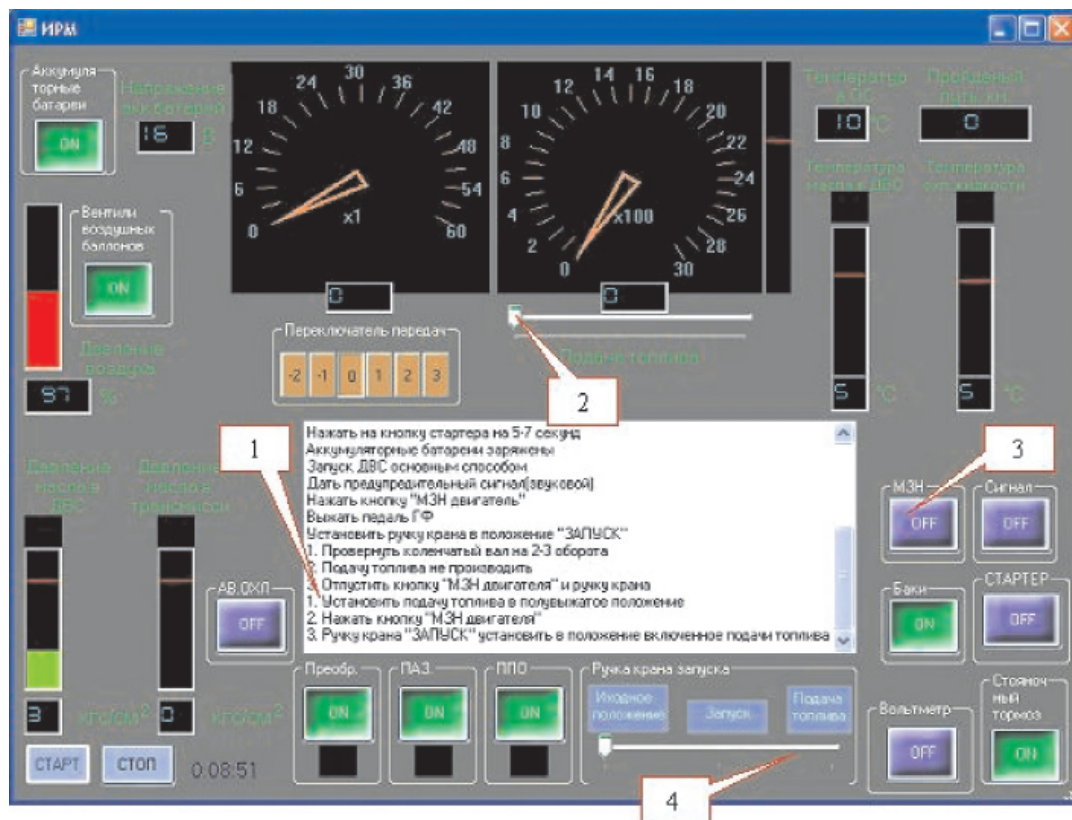


Рис. 4. Диалоговое окно обучающей программы

В информационном окне (1) отображаются действия, которые должен совершить оператор в данный момент времени, а также различные неисправности и методы их устранения. Например, на данный момент необходимо нажать кнопку «Баки вкл.» (3) и нажать кнопку «Вентили воздушных баллонов» (4). После этого информационное окно обновится и т.д. При выходе из алгоритма кнопка «СТОП» (2) сменится на кнопку «СТАРТ», нажав которую можно ещё раз пройти весь алгоритм. Если необходима экстренная остановка эмуляции, то необходимо нажать кнопку «СТОП».

Процесс работы может завершиться, если произойдет нештатная ситуация, поведение при этом будет регламентироваться алгоритмами, заложенными в контроль текущего состояния машины. После того как будет проделана вся процедура нештатного поведения шасси в информационном окне

в конце всех надписей будет выведена надпись «СТОП», после чего следует нажать кнопку «СТОП» и по необходимости повторить процесс запуска и работы машины, нажав на кнопку «СТАРТ».

Программа работает на основе данных, хранящихся в файле базы данных формата Microsoft Access, которые могут быть изменены именно в этой программе. Структура базы данных показана на рис. 5. База данных содержит несколько таблиц.

Таблица «СписокАлгоритмов» содержит названия алгоритмов (поле NameAlgoritma), таблица «СписокДефектов» содержит данные о возникающих при работе отклонениях показаний датчиков в определённое время путём изменения основных (математически) параметров датчиков, таких как Delta, Delta_T, Value, Value1, Maxvalue, Alfa, Beta. Таблица «НачальныеУстановки» является основной таблицей, которая содержит исход-

ные параметры каждого датчика для каждого алгоритма. Таблица СписокСообщений – системная таблица, необходимая для отображения текстовой информации в окне сообще-

ний. Таблица «СписокДатчиков» содержит predetermined в программе названия датчиков, изменять их нельзя, т.к. эти имена используются в программе.

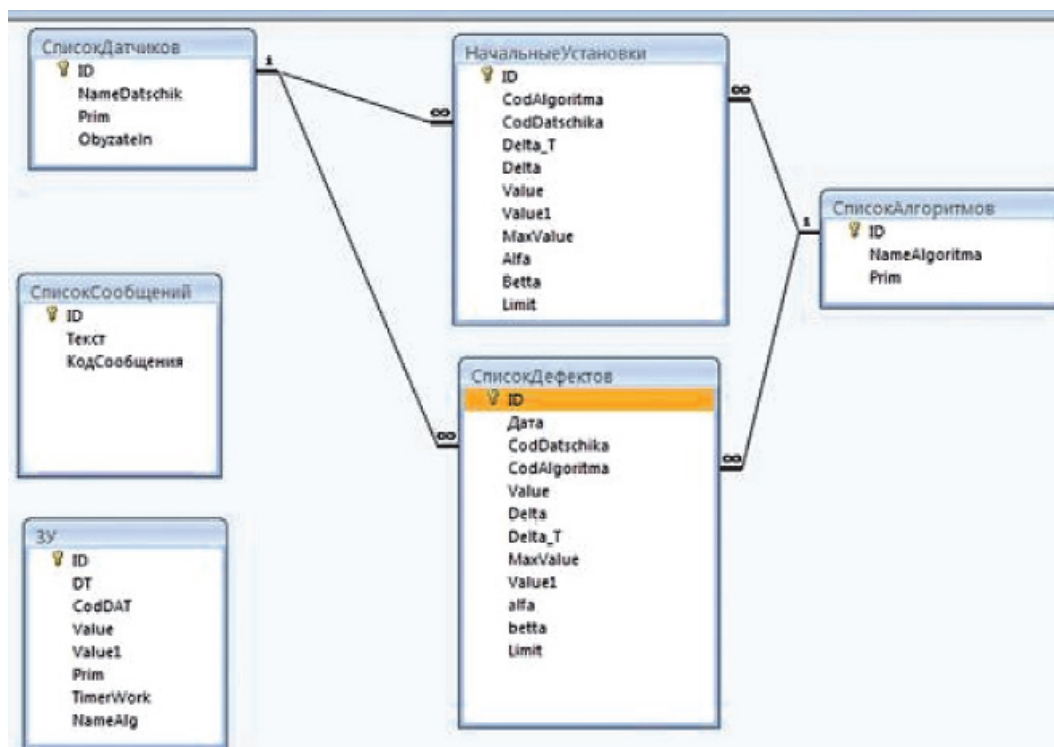


Рис. 5. Структура базы данных

Ниже приведено описание некоторых параметров, с помощью которых задается модель датчиков:

- ΔT – $\Delta t, c$ (приращение значения времени, через которое показание датчика изменится на ΔT);
- Δd – Δd , ед. (приращение значения датчика);
- $Value$ – начальное числовое значение датчика (левая сторона);
- $Value1$ – начальное числовое значение датчика (правая сторона);
- $MaxValue$ – максимальное числовое значение датчика;
- $Alfa$ – коэффициент, задающий темп нарастания показания датчика в функции температуры;
- $Betta$ – коэффициент, задающий темп нарастания показания датчика в функции скорости вращения коленчатого вала.

Например, математическая модель датчика давления масла выглядит так:

$$PM = \Delta T + \beta \times (t_{\max} - t_m) + \alpha \times (n - n_{xx}),$$

где t_{\max} – максимальная температура; t_m – текущее числовое значение температуры масла; n – текущее числовое значение скорости вращения коленчатого вала; n_{xx} – числовое

значение скорости вращения коленчатого вала на холостом ходу = 800 об./мин.

У некоторых датчиков есть свои нюансы, которые отражены в таблице «НачальныеУстановки», а именно:

- для датчиков PM , PM_MIN , PM_MAX поле ΔT указывает не на Δd , а на минимальное числовое значение датчика;
- датчики, начинающиеся на $CONST$ имеют только одно актуальное значащее поле – $Value$ и являются константами;
- датчик $SCALE_TIME$ представляет собой счетчик времени с периодом = 0,05с, поле $Value$ указывает Δt – количество единиц времени инкремента глобального счетчика реального времени для алгоритма, т.е. $tim = tim + SCALE_TIME$,

где tim – счетчик реального времени в секундах, от которого отсчитываются все датчики (см. поле ΔT).

Рассмотренное программное обеспечение обладает следующими возможностями.

1. Решается задача обучения членов экипажа, обслуживающего системы двигателя и шасси.

2. Имеется возможность отладки алгоритмов с изменением значений всех параметров.

3. Позволяет имитировать динамический процесс контроля и диагностирования.

4. Предложенные алгоритмы распространяются практически на все гусеничные машины, имеющие дизельный двигатель.

Список литературы

1. Кобзев А.А., Мишулин Ю.Е., Соцков Д.А. Применение прогнозирующих моделей для повышения точности управления движением ИРМ // Состояние и перспективы развития средств разведки и преодоления минно-взрывных заграждений: сборник докладов научно-практической конференции ФГУ «15 ЦНИИИ Минобороны России». – Нахабино, 2009. – С. 67–70.

2. Кобзев А.А. Исследовательская и обучающая программа по системам двигателя и шасси гусеничных транспортных средств // Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров: программа Международной научно-технической конференции ААИ, посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ». – М.: МГТУ «МАМИ», 2010. – С. 61.

3. Основы технической диагностики // Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза; под ред. П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1976. – 464 с.

4. Пархоменко П.П., Сагомоян Е.С. Основы технической диагностики // Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства; под ред. П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1981. – 320 с.

5. Программный комплекс отладки алгоритмов контроля, диагностики и управления двигателем и шасси ИРМ / Б.В. Шуенкин, А.А. Кобзев, Ю.Е. Мишулин, Д.А. Соцков, С.Н. Довбань // Состояние и перспективы развития средств разведки и преодоления минно-взрывных заграждений: сборник докладов научно-практической конференции. ФГУ «15 ЦНИИИ Минобороны России». – Нахабино, 2009. – С. 53–58.

Рецензенты:

Гоц А.Н., д.т.н., профессор кафедры тепловых двигателей и энергетических установок Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых Министерства образования и науки РФ, г. Владимир;

Халатов Е.М., д.т.н., профессор, начальник расчетно-аналитического центра КБ «Арматура» – Филиала ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров.

Работа поступила в редакцию 11.11.2011.