

УДК 621.002:681.324

В.В. ГОЛИКОВА, П.К. СОПИН, Т.Л. СТЕПАНЧЕНКО*Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина***ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВС**

Эффективность оперативного анализа результатов приемосдаточных и контрольных испытаний ДВС достигается применением информационных технологий, реализующих алгоритмы: построения функциональной модели процесса испытаний, выбора информативных параметров и моделирования на их основе испытываемых объектов и процесса испытаний, прогнозирования технического состояния двигателей и принятия решений о годности испытываемых двигателей к дальнейшей эксплуатации. Предлагаемая информационная технология оперативного анализа информации в ходе приемосдаточных и контрольных испытаний ДВС является универсальной и может быть применена при испытаниях автомобильных бензиновых двигателей различных модификаций при соответствующей адаптации моделей.

Ключевые слова: ДВС, приемосдаточные и контрольные испытания, информационные технологии.

Введение

На сегодняшний день основной задачей отечественного двигателестроения является выпуск конкурентоспособной продукции, сравнимой с зарубежными аналогами. Для решения задачи необходимо повысить качество продукции (с учетом новизны, технического уровня, отсутствия производственных дефектов, надежности в эксплуатации, экологической безопасности) без существенного увеличения стоимости. На производстве соответствие качества ДВС установленным требованиям проверяют в ходе приемосдаточных и контрольных испытаний, которые до сих пор представляют дорогостоящий и трудоемкий процесс, предполагающий также анализ причин, влияющих на результат изготовления деталей и сборки двигателей [1, 2].

В сложившейся экономической ситуации актуальны эффективные методики автоматизированных испытаний, обеспечивающие точность и достоверность результатов при минимальной трудоемкости и продолжительности. Они должны создаваться на основе математических моделей испытываемых объектов и процессов испытаний, адекватных экспериментальной информации, с использованием современных информационных технологий.

В последнее время разработаны специальные средства и методы проектирования информационных систем с интегрированными автоматизированными инструментами различного назначения, так называемые CASE (от англоязычной аббревиатуры Computer-Aided Software Engineering), которые могут быть использованы при работе с базами данных и экспертными системами.

Однако присутствие этих инструментов в качестве базовых элементов создаваемых информационных систем и технологий еще не означает их корректного использования при решении прикладных задач. Это объясняется тем, что кроме общей автоматизации разработки приложений CASE-средствами до сих пор отсутствует методическая и методологическая поддержка процесса. Поэтому по-прежнему результат использования созданных на основе таких средств прикладных информационных технологий определяется сложностью объекта приложения, а также опытом, знаниями и интуицией пользователя [3].

Среди большого числа научных работ по технической диагностике и испытаниям машиностроительных изделий также трудно указать работы, непосредственно связанные с созданием необходимых информационных технологий или методов, которые могут стать основой их создания.

В работе эффективность оперативного анализа результатов приемосдаточных и контрольных испытаний ДВС достигается применением информационных технологий, реализующих алгоритмы: построения функциональной модели процесса испытаний, выбора информативных параметров и моделирования на их основе испытываемых объектов и процесса испытаний, прогнозирования технического состояния двигателей и принятия решений о годности испытываемых двигателей к дальнейшей эксплуатации.

1. Основная часть

В ходе приемосдаточных и контрольных испытаний ДВС выявляют, локализируют и, по возможности, классифицируют производственные дефекты.

Негодные к эксплуатации двигатели возвращают в сборочный цех для устранения дефектов и неисправностей, а затем повторно испытывают. Локализация и классификация дефектов необходимы для определения «проблемных» звеньев в технологической цепочке [4]. Функциональная модель испытаний ДВС, построенная с использованием выводов работы [3], представлена на рис. 1 и является основой разрабатываемой информационной технологии..



Рис. 1. Функциональная модель испытаний ДВС

В общем случае модель описывается следующей совокупностью характеристик:

$$\{X, Y, U, W, \gamma, M_S^{t,T}, R_S^{t,T}, R_\Sigma^{t,T}\},$$

где $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ – ненаблюдаемые параметры технического состояния, $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$ – измеряемые диагностические параметры двигателей, $U = \{u_1, \dots, u_p\}$ – характеристики условий внешней среды; $W = \{w_1, \dots, w_q\}$ – неконтролируемые факторы; $M_S^{t,T} \in M$ – математическая модель, построенная на основе измеряемых диагностических параметров с учетом связей между ними; R_S – решение, принимаемое по M_S ; R_Σ – окончательное решение на основе уточненной модели; t, T – время наблюдения и время принятия решения о состоянии испытуемых двигателей; γ – способы представления информации [6].

Эффективность испытаний определяется совокупностью решаемых задач, стоимостью испытаний, а также точностью и достоверностью полученных результатов.

Изменение и детализация модели рис. 1 происходят по мере уточнения вида и задач испытаний. Для приемосдаточных испытаний предлагаемая информационная технология на основе детализированной модели означает выполнение следующих функциональных блоков: 1 – запись экспериментальной информации на основе измерений диагностических параметров ДВС, при необходимости приведенных к типу двигателя и условиям внешней среды; 2 – предварительную статистическую обработку экспериментальной информации традиционными методами

(корреляционный, факторный, регрессионный анализ); 3 – построение моделей испытуемых двигателей с последующим сравнением их с эталонными моделями ДВС заданного класса; 4 – оценку технического состояния ДВС, при необходимости с определением места и вида дефекта; 5 – прогноз значений диагностических параметров и технического состояния ДВС; 6 – принятие решений о годности испытуемых двигателей к дальнейшей эксплуатации.

Первые два блока связаны с выполнением традиционных процедур. Третий блок является наиболее важным, от его результатов во многом зависят результаты всего технологического процесса испытаний. В основе моделирования двигателей по диагностическим параметрам лежит известный факт, что рабочие процессы двигателей характеризуются диагностическими параметрами, зависящими от технического состояния. Следовательно, диагностические параметры, связи между ними и качественные зависимости этих параметров от структурных содержат требуемую диагностическую информацию. Например, для карбюраторных двигателей внутреннего сгорания диагностическими параметрами являются мощность, удельный расход топлива, величина, скорость и ускорения вибраций, давление, концентрация в масле продуктов износа температура охлаждающей жидкости и отработавших газов [5]. Эффективная мощность характеризует состояние зазоров в сопряжениях и качество регулировок, расход топлива – состояние трущихся поверхностей деталей. Состав и температура выпускных газов отражают полноту сгорания топлива, которая зависит от технического состояния цилиндропоршневой группы, от исправности систем питания воздухом и топливом, системы зажигания. Расход масла на угар в результате проникновения масла в камеру сгорания, обусловленного насосным эффектом поршневых колец и вентиляции картера, является технологическим и конструкторским показателем цилиндропоршневой группы и двигателей в целом, поскольку этот параметр зависит от состояния поршня, колец, теплового и нагрузочного режимов работы двигателей.

Моделирование ДВС предполагает определение причинно-следственных зависимостей между параметрами, поскольку методы и модели анализа скалярных процессов изменения отдельных параметров не дают информации о механизмах их взаимодействия. Определение таких зависимостей проводится с использованием статистического теста К. Грейнджера на каузальность (причинность) [8]. Согласно тесту переменная x_t является каузальной по отношению к переменной y_t (обозначается $x_t \rightarrow y_t$), если при прочих равных условиях значения y_t могут быть предсказаны по прошлым значениям x_t с меньшей ошибкой, чем без их использования. Для тестирова-

ния гипотезы « x_t не влияет на y_t » (где x_t, y_t – скалярные процессы) оценивается справедливость зависимости y_t от последовательности значений y_t и x_t :

$$y_t = a_0 + \sum_{j=1}^p a_j y_{t-j} + \sum_{j=1}^p b_j x_{t-j} + \varepsilon_t,$$

где p – максимальное значение задержки, a_0, a_j, b_j – коэффициенты.

Тест позволяет однозначно выявить динамическое взаимодействие между диагностическими параметрами в виде направлений причинно-следственных связей и наряду с другими алгоритмами, подробно описанными в работе [7], определяет выбор наиболее информативных параметров испытуемых ДВС.

На стадии приемосдаточных испытаний измеренные значения диагностических параметров представляют нестационарные случайные процессы даже при работе изделий на установившихся режимах. Для исправных изделий комбинации нестационарных случайных процессов изменения основных диагностических параметров стационарны. Различие технических состояний отражается в изменении вероятностных характеристик случайных процессов изменения диагностических параметров. При дефектах или поломках двигателей значения диагностических параметров, как правило, отклоняются от номинальных значений.

Стандартные характеристики функционирования двигателей также отклоняются от номинальных, происходит разрушение статистических связей между параметрами [6]. В этих случаях зависимости между нестационарными процессами изменения диагностических параметров теряют стационарный характер, статистические связи между ними нарушаются. Однако такие ситуации отличаются от тех, когда изменения вызваны только сменой режима работы ДВС. В этих ситуациях статистические зависимости между параметрами не нарушаются.

При разделении всего множества испытуемых ДВС только на два класса: годных и негодных к эксплуатации – используется простейшая система распознавания. Она включает преобразователь контролируемых параметров в набор признаков, и классификатор, принимающий решение по результатам их сравнения с некоторым эталоном, репрезентативным для заданного класса годных двигателей.

В предположении, что процесс сборки двигателей стабилен, контролируемые параметры группируются вокруг некоторого эталона, для годных двигателей отклонения от него носят случайный характер и распределены по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и конечной дисперсией (ковариацией для многомерных распределений). Для учета статистических свойств диагно-

стических параметров и отклонений от эталонных значений необходимы статистические классификаторы, среди которых чаще всего используют байесовский классификатор и его разновидности. При известных плотностях распределения всех возможных совокупностей значений параметров для каждого класса ДВС классификатор обеспечивает получение оптимальных решений [7].

В предположении связи между выбором параметров и качеством классификации, выражаемой в терминах вероятности правильного разделения двигателей на классы, возможно использование разных статистических величин, например, энтропии, ортогональных функций, дивергенции и т.д. Проведенные исследования показали, что для решения главных задач испытаний универсальной и простой с вычислительной точки зрения является мера, известная в теории информации как мера Кульбака [9]. Она определяет расхождение, или дивергенцию (*divergence* – расхождение, англ.), между вероятностными характеристиками распределений параметров изделий, другими словами, это «расстояние» между парами случайных распределений произвольного вида и любой сложности разделения.

Заключение

Предлагаемая информационная технология оперативного анализа информации в ходе приемосдаточных и контрольных испытаний ДВС является универсальной и может быть применена при испытаниях автомобильных бензиновых двигателей различных модификаций при соответствующей адаптации моделей (рис. 2).

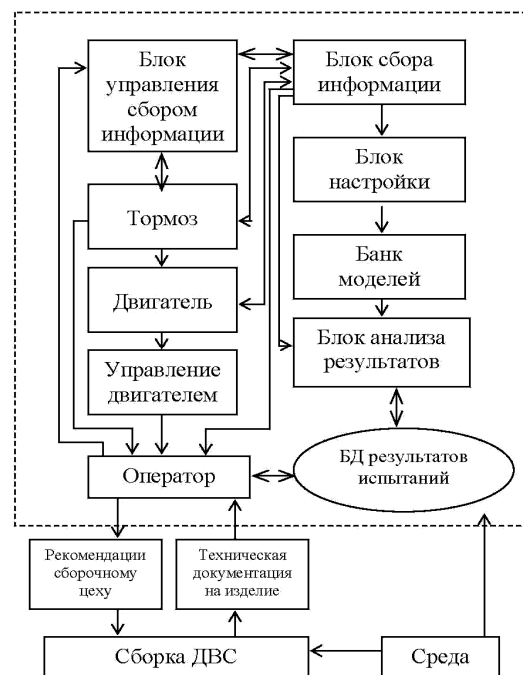


Рис. 2. Структура системы, реализующая предлагаемую информационную технологию

Выходами системы, реализующей технологию, являются информационные потоки в виде измерений диагностических параметров и характеристик испытуемых двигателей после сборки, а также техническая документация. Выходами системы – информация о годных и негодных для дальнейшей эксплуатации двигателях, решения по удовлетворению технических условий, рекомендации сборочному цеху.

Литература

1. Биктимиров Р.Л. Математическое обеспечение автоматизированных систем исследований и испытаний ДВС / Р.Л. Биктимиров, И.Х. Садыков, А.Х. Хайруллин. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
2. Павленко Е.А. Статистические методы диагностики ТС автомобильных транспортных средств / Е.А. Павленко // Автомобильная промышленность. – 2009. – №7. – С. 29-30.
3. Жернаков С.В. Методология системного анализа для решения проблемы информ. мониторинга состояния авиационного двигателя / С.В. Жернаков // Вестник УГАТУ, Россия. – Т. 14. – № 3 (38). – С. 84-100.
4. Первухина Е.Л. Информационные технологии в задачах выявления неисправных машиностроительных

изделий в ходе приемосдаточных испытаний после сборки / Е.Л. Первухина, В.В. Голикова, Т.Л. Степанченко // Сборка в машиностроении, приборостроении, Россия. – 2010. – № 11. – С. 3-8.

5. Первухина Е.Л. Оценка состояния машиностроительных изделий в ходе производственных испытаний после сборки / Е.Л. Первухина, В.В. Голикова, П.К. Сопин // Сборка в машиностроении, приборостроении, Россия. – 2009. – №10. – С. 3-9.

6. Первухина Е.Л. Статистическое моделирование машиностроительных изделий по диагностическим параметрам / Е.Л. Первухина, В.В. Голикова, П.К. Сопин // Проблемы машиностроения и надежности машин РАН, Россия. – 2008. – №6. – С. 89-95.

7. Первухина Е.Л. Информационные технологии в задачах оценки технического состояния машиностроительных изделий / Е.Л. Первухина, Т.Л. Степанченко, А.В. Первухин // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2006. – №8. – С. 44-48.

8. Enders W. Applied Econometric Time Series / W. Enders. – N.-Y.: John Wiley & Sons, 1995 – 433 p.

9. Chen Badong. Parameter identifiability with Kullback-Leibler information divergence criterion / Badong Chen, Jinchun Hu, Yu Zhu, Zengqi Sun // International Journal on Adaptive Control Signal Process. – 2009. – №23. – P. 940-960.

Поступила в редакцию 7.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедры технической механики и машиноведения И.В. Хромов, Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАВДАННЯХ ОПЕРАТИВНОГО АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИЙМАЛЬНОЗДАВАЛЬНИХ І КОНТРОЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ДВЗ

В.В. Голикова, К.П. Сопін, Т.Л. Степанченко

Ефективність оперативного аналізу результатів приймальноздавальних і контрольних випробувань ДВЗ досягається застосуванням інформаційних технологій, що реалізують алгоритми: побудови функціональної моделі процесу випробувань, вибору інформативних параметрів і моделювання на їхній основі випробувань об'єктів і процесу випробувань, прогнозування технічного стану двигунів і прийняття рішень про придатність випробування двигунів до подальшої експлуатації. Запропонована інформаційна технологія оперативного аналізу інформації в ході приймальноздавальних і контрольних випробувань ДВЗ є універсальною й може бути застосована при випробуваннях автомобільних бензинових двигунів різних модифікацій при відповідній адаптації моделей.

Ключові слова: ДВЗ, приймальноздавальні й контрольні випробування, інформаційні технології.

INFORMATION TECHNOLOGIES IN OPERATIVE ANALYSIS PROBLEMS OF INDUSTRIAL TESTING OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

V.V. Golikova, P. K. Sopin, T. L. Stepanchenko

Methods to process experimental data during industrial testing of internal combustion engines are proposed. Efficiency of them is reached by applied information technologies, which realize algorithms: to design functional model of testing process, to choose informative parameters and to model tested objects, to forecast technical engine state, and to make decision on a validity of tested engines to the functioning. The offered information technology of the operative analysis of industrial testing of internal combustion engines is universal and can be applied to testing of other modifications of automobile petrol engines.

Key words: internal combustion engines, industrial testing, information technologies.

Голикова Виктория Викторовна – канд. техн. наук, доцент каф. техн. мех. и машиноведения Севастопольского национального технического университета, Севастополь, Украина, e-mail: golikova.victoria@gmail.com.

Сопин Павел Константинович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта Севастопольского национального технического университета, Севастополь, Украина.

Степанченко Татьяна Львовна – ассистент кафедры технической механики и машиноведения Севастопольского национального технического университета, Севастополь, Украина.