

УДК 621.002:681.324

Е.Л. Первухина, Т.Л. Степанченко, В.В. Голикова

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Современные машиностроительные изделия представляют сложные технические устройства, содержащие значительное число функциональных элементов, отличающихся друг от друга принципом действия, алгоритмом функционирования, конструктивным исполнением, надежностью. При оценке технического состояния изделий в ходе производственных испытаний по принципу «диагностический параметр - параметр технического состояния - диагноз» одной из наиболее трудных задач является установление зависимостей между параметрами, без которых невозможно оценить состояние [1]. Решение задачи связано с использованием вероятностных методов и новых вычислительных технологий, широко представленных в литературе, но ориентированных, в основном, на диагностирование бывших в эксплуатации объектов или вновь созданных в предположении минимума априорной информации. В качестве примеров можно привести методы нечеткой логики, нейронные сети, генетические алгоритмы с их адаптацией в среде гибридных динамических экспертных систем [2].

В работе класс испытаний ограничен производственными (приемосдаточными, контрольными) испытаниями готовых изделий после сборки, основные задачи которых сводятся к экспериментальному определению их количественных и качественных характеристик, а также к проверке соответствия техническим требованиям. В предположении стабильности сборочного процесса и отбраковки негодных деталей и агрегатов до поступления в сборочный цех контролируемые параметры при работе изделий на номинальных режимах группируются вокруг некоторого эталона, репрезентативного для данного класса продукции. Существующие информационные ограничения связаны, как правило, со статистическими характеристиками шумов, возникающих при использовании сигналов, преобразованных системами различной

физической природы [3]. Наблюдение за работой изделий проводят «пассивно», без применения регулировочных схем и звеньев. В ходе статистического управления процессом (мониторинга технического состояния) существуют два варианта решения по результатам проведенных испытаний: пригодно изделие к эксплуатации или нет. Для такой схемы разработаны простые и точные процедуры принятия решений [4]. Сложными являются вопросы, связанные с предварительными исследованиями для формирования оптимальной информационной технологии принятия решений: разработки и программной реализации моделей испытываемых изделий, определение критерия для последующего вычисления расхождения (рассогласования, невязки) между наборами диагностических параметров, характеризующих модель или эталонное изделие и испытываемое изделие. Этот факт подчеркивается в литературе [2], однако универсальное решение задачи пока не найдено.

Целью работы является изучение основ и принципов формирования информационной технологии принятия решений по результатам мониторинга технического состояния машиностроительных изделий для повышения эффективности производственных стендовых испытаний. Из множества возможных стохастических моделей испытываемых изделий выбраны наиболее эффективные для организации принятия решений. В качестве критерия расхождения между моделируемыми и измеряемыми параметрами испытаний используется информационная мера Кульбака.

В ходе испытаний измерительная информация представляет случайные процессы измерения диагностических параметров, характеризующих рабочие процессы изделий, в равноотстоящие моменты времени. Задача принятия решений формулируется в виде выбора одного из двух вариантов (пригодно изделие к эксплуатации или нет) в зависимости от результатов наблюдения этих случайных процессов.

Схема организации принятия решений по результатам испытаний изображена на рис.1. Она составляет основу при формировании соответствующей информационной технологии и содержит набор типовых подсистем и их элементов, взаимодействующих между собой. Условия испытаний рассматриваются как управляющие воздействия. Элементы вектора Y_M характеризуют расчетные параметры испытываемого изделия на

основе стохастической модели с учетом некоторого эталона; элементы вектора Y_N представляют результаты измерения его диагностических параметров; расхождение (рассогласование) между расчетными и измеренными значениями параметров в простейшем случае имеет вид: $\Delta Y = Y_M - Y_N$.

В качестве основных используемых моделей выбраны стохастические разностные уравнения, адекватно описывающие дискретные динамические объекты (испытываемые изделия и процессы испытаний) в условиях приемосдаточных и контрольных испытаний. Рассматриваются только линейные динамические объекты, т.к. обобщение на классы нелинейных объектов широко представлено в литературе [5].

При функционировании испытываемых изделий на установившихся режимах используются скалярные модели авторегрессии - скользящего среднего [6], коэффициенты которых при нормальном техническом состоянии изделий не выходят за границы интервала $\pm 3\sigma$, σ - среднеквадратическое отклонение.

При изучении функционирования изделий на различных режимах применяются многомерные модели, когда случайные процессы измерений параметров рассматриваются как элементы единого многомерного динамического процесса. Для многих изделий эти процессы являются нестационарными со стационарными приращениями, между которыми существует линейная зависимость. Эта зависимость характеризуется коэффициентом линейной комбинации между исследуемыми нестационарными процессами, представляющим стационарную случайную величину с эмпирическим распределением, близким к нормальному [7].

Исследования двигателей внутреннего сгорания показали, что подобные зависимости можно установить между их основными диагностическими параметрами, измеряемыми в ходе приемосдаточных и контрольных испытаний. Полученные зависимости проверены по стандартным (нагрузочным, скоростным, регулировочным) характеристикам двигателей, полученным по результатам обработки экспериментальной информации.

При установлении факта существования таких зависимостей между диагностическими параметрами эталонных изделий процедура принятия решений организуется путем анализа динамики изменения коэффициентов линейных комбинаций между основными группами

диагностических параметров. При удовлетворительном техническом состоянии изделия они также должны находиться в пределах $\pm 3\sigma$ от эмпирического среднего.

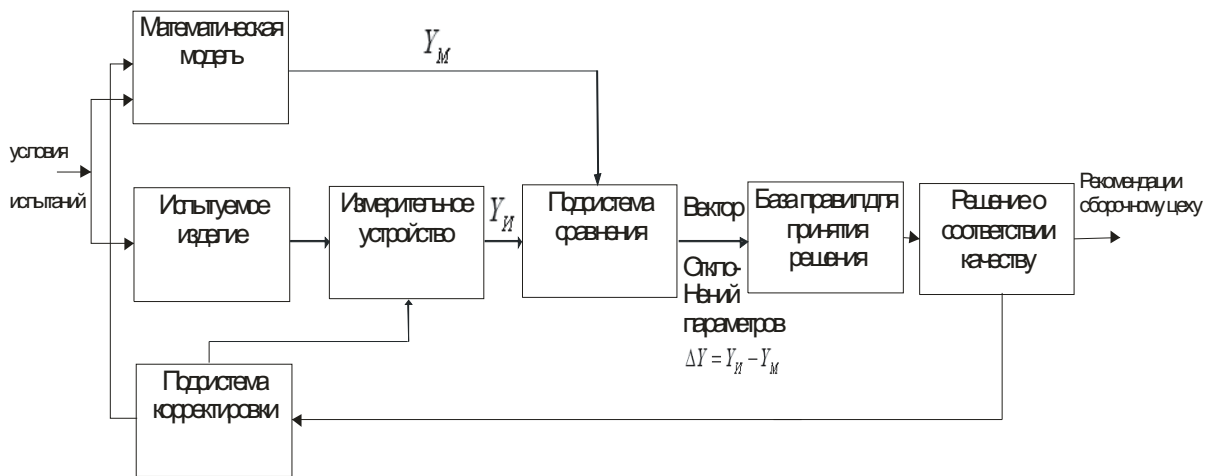


Рисунок 1

Основное правило для отнесения изделия к классу годных или негодных к эксплуатации строится на основе информационного расхождения Кульбака между плотностями вероятностных распределений $P(Y_M)$ и $P(Y_N)$ соответственно векторов расчетных и измеренных параметров [4]:

$$J(Y_M, Y_N) = \int_Y [p(Y_M) - p(Y_N)] \ln \frac{p(Y_M)}{p(Y_N)} dY$$

Для случая нормального распределения векторов расчетных Y_M и измеренных Y_N параметров при равенстве их ковариационных матриц $\Sigma_M = \Sigma_N = \Sigma$ расхождение между векторами параметров определяется по формуле

$$r_{12} = Y_N^T \Sigma^{-1} (\delta_M - \delta_N) - \frac{1}{2} (\delta_M + \delta_N)^T \Sigma^{-1} (\delta_M - \delta_N) \quad (1)$$

и сравнивается со значениями из базы правил. В выражении (1) δ_M, δ_N - векторы средних значений, Σ_M, Σ_N - ковариационные матрицы, задаваемые как $\delta_M = E\{Y_M\}$, $\Sigma_M = E\{(Y_M - \delta_M)(Y_M - \delta_M)^T\}$, $\Sigma_N = E\{(Y_N - \delta_N)(Y_N - \delta_N)^T\}$. $E\{\}$ обозначает оператор математического ожидания, T - символ транспонирования вектора. При отличных от нормального законах распределения плотности вероятности определяются по эмпирическим данным отдельно для каждого возможного закона распределения.

Подсистема корректировки (рис. 1) содержит технические задания на испытания, информацию о номинальных значениях контролируемых параметров, соответствующих некоторому эталонному изделию, и, в зависимости от полученных решений, может корректировать количество измеряемых параметров изделий и промежутки времени между измерениями.

Преимущества создаваемой технологии заключается в простоте программной реализации, принятия решений в реальном времени испытаний и исключении эксперта (оператора испытаний) из процесса принятия решения, что снижает вероятность принятия неверного решения (отнесения годного изделия к классу негодных и наоборот).

Направление будущих исследований должно быть связано с формированием информационной технологии принятия решений в условиях ужесточения требований к качеству, в том числе надежности, изготавливаемых изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мошкин Н.И. Реализация метода постановки диагноза в сложной технической системе с помощью вероятностных оценок в составе компьютерного диагностического комплекса / Н.И. Мошкин // Информационные технологии - №8, 2007. - С 40-42.
2. Жернаков С.В. Экспертная система контроля и диагностики авиационных двигателей / С.В. Жернаков // Информационные технологии - №1, 2007. - С 62-69.
3. Первухина Е.Л. Информационные технологии в задачах оценки технического состояния машиностроительных изделий / Е.Л. Первухина, Т.Л. Степанченко // Сборка в машиностроении, приборостроении. - №8 - 2006. -С. 31 - 40.
4. Ту Дж. / Дж.Ту, Р. Гонсалес. Принципы распознавания образов. -М.: Мир, 1978. - 411 с.
5. Цыпкин Я.З. / Я.З. Цыпкин. Информационная теория идентификации. - М.: Наука. Физ.-мат. лит., 1995. - 336 с.
6. Первухина Е.Л. Оценка технического состояния машиностроительных объектов по термогазодинамическим параметрам / Е.Л. Первухина, П.К. Сопин // Сборка в машиностроении, приборостроении. - №2 - 2004. - С. 26 - 29.
7. Первухина Е.Л. Организация процедуры принятия решений по результатам стендовых испытаний машиностроительных изделий / Е.Л. Первухина, Т.Л. Степанченко, В.В. Голикова // Статья. Системные технологии, 2007. - №5 (52). - С. 19-25.