

УДК 621.865.8:658.512.011

## ПРОБЛЕМА СИНТЕЗА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

**Зубрицкас И.И.**

*ФГБОУ ВПО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, Россия (173003, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт – Петербургская, 41), e-mail: Igor.Zubrickas@novsu.ru*

**В статье изложены основные вопросы, которые необходимо решить при создании системы управления техническим состоянием любого технического объекта, в том числе и автомобиля. Подобную систему образует совокупность самих объектов управления, непосредственно программы управления техническим состоянием, которая включает в себя модели и алгоритмы управления, средств контроля, средства технического обслуживания (ТО) и ремонта, а также обслуживающий персонал. Причем каждый из этих элементов имеет определенное функциональное назначение. Обслуживающий персонал и средства ТО и ремонта представляют собой исполнительные органы. Средства контроля вместе со средствами обработки и передачи данных образуют информационную подсистему. В статье также определен круг научных задач, которые необходимо решить для синтеза такой модели применительно к автомобилю как объекту управления.**

Ключевые слова: автомобиль, техническое обслуживание, прогнозирование, управление техническим состоянием на основе диагностических данных, методы управления техническим состоянием автомобилей, модель адаптивной программы управления техническим состоянием, формализованное описание системы управления.

## THE PROBLEM OF SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEMS TECHNICAL CONDITION OF THE CAR

**Zubrickas I.I.**

*Novgorod state University named after Yaroslav the Wise, Novgorod the Great, Russia, (173003, Great Novgorod, street Bolshaya Sankt - Peterburgskaya, 41), e-mail: Igor.Zubrickas@novsu.ru*

**The article describes the main issues that need to be addressed when creating a management system technical condition of any technical object, including car. Such a system forms a set of control objects, directly program management technical condition, which includes models and control algorithms, control devices, maintenance and repair, as well as staff. Each of these elements has a specific functional purpose. Staff and equipment, and repair are the Executive bodies. Control means together with the means of data processing and transmission form information subsystem. The article also identified a range of scientific challenges that must be addressed for the synthesis of such models applied to the vehicle as the control object.**

Keywords: car, maintenance, forecasting, management of technical condition based on the diagnostic data, methods of control of technical condition of the car, model of adaptive management programme technical condition, the formalized description of the control system.

Систему управления техническим состоянием любого технического объекта, в том числе, естественно, и автомобиля, образует совокупность самих объектов управления, непосредственно программы управления техническим состоянием, которая включает в себя модели и алгоритмы управления, средств контроля, средства технического обслуживания (ТО) и ремонта, а также обслуживающий персонал.

Каждый из этих элементов имеет определенное функциональное назначение. Обслуживающий персонал и средства ТО и ремонта представляют собой исполнительные органы. Средства контроля вместе со средствами обработки и передачи данных образуют информационную подсистему.

Система управления функционирует в определенной среде и сама управляется со стороны вышестоящего органа. Примерная структурная схема адаптивной системы управления показана на рисунке 1.

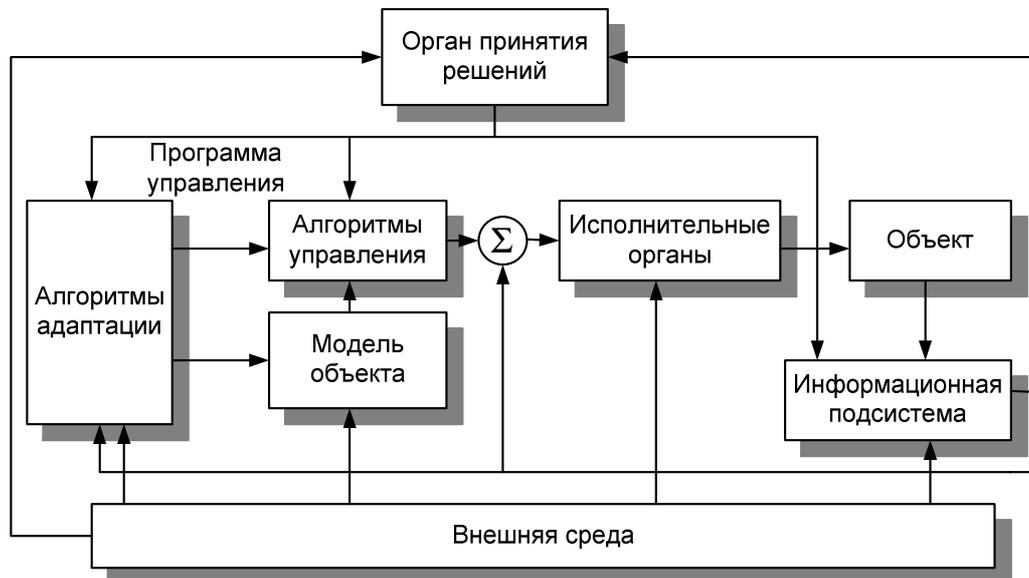


Рис. 1. Структурная схема адаптивной системы управления

Для дальнейшего рассмотрения нам понадобится формализованное описание данной системы управления. Очень подробное описание приводиться в технической литературе, посвященной моделям технического обслуживания сложных систем, в частности авиационных. Среди работ в данной области можно выделить работы Барзилович Е.Ю., Воскобоева В.Ф., Каштанова В. И., Буравлева А.И., Доценко Б.И., Казакова И.Е., Волкова Л.И. и ряда других авторов / 1 – 14 /, в которых приводится подобное формализованное описание, в основном применительно к объектам авиационной техники.

В данных работах в качестве объекта управления рассматривается некоторый однородный парк  $N$  изделий (либо совокупность таких однородностей). При этом техническое состояние любого изделия описывается вектором  $S(t) \in S$  конечного фазового пространства  $S = \{0, \dots, l\}$ , имеющего  $l > 1$  различных состояния, и, поскольку процесс изменения технического состояния является случайным, в качестве его обобщенной характеристики принимается распределение вероятностей:

$$p_{\Omega}(t) = (p_0(t), p_1(t), \dots, p_r(t))^T \quad (1)$$

где  $p_r(t) = P(s(t) = r / \Omega)$  – условная вероятность нахождения изделия в состоянии с номером  $r$  при фиксированных условиях  $\Omega$  внешней среды.

Таким образом, изделие как произвольный элемент генеральной совокупности полностью характеризуется следующим предикатом:

$$O_1 = \langle S, P_\Omega \rangle \quad (2)$$

При этом отмечается, что на практике мы имеем дело с выборками из генеральной совокупности некоторого объема, и оценка состояния изделий производится по этой выборке. Поэтому фактическое состояние объекта задается тройкой:

$$O_2 = \langle N, S, p_\Omega^* \rangle \quad (3)$$

где  $p_\Omega^* = (p_0^*, p_1^*, \dots, p_n^*)^T$  – выборочное распределение вероятностей состояний изделия.

Модель адаптивной программы управления техническим состоянием представляется в виде двух последовательно связанных вероятностных автоматов (агрегированный вероятностный автомат)  $A = (A_1, A_2)$ , замкнутых обратной связью (рис. 2).

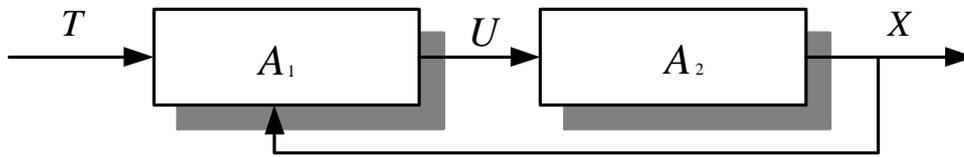


Рис. 2. Агрегированный вероятностный автомат

Первый автомат  $A_1 = \langle T, U, Z, \Phi, H \rangle$  реализует выбор варианта управления  $u(t_n) \in U$  в момент времени  $t_n$ , ( $n = 0, 1, \dots$ ). Каждый вариант  $u(t_n)$  реализует некоторую последовательность режимов эксплуатации изделия. Например, вариант управления  $u = (A_1, A_2, A_1)$  реализует перевод изделий из режима хранения  $A_1$  в режим контроля технического состояния  $A_2$  и затем снова возвращает в режим хранения  $A_1$ . Параметрами автомата являются: входной алфавит  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  – последовательность моментов времени, в которые осуществляются выбор управления и его реализация в течение времени  $\tau \leq (t_n - t_{n-1})$ ; выходной алфавит  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ , содержащий набор различных вариантов управления; множество  $Z = \{0, 1\}$  внутренних состояний автомата, которые зависят от выходных реакций автомата  $A_2$ , множество  $\Phi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_v\}$  стохастических функций преобразования  $\Phi: T \times Z \rightarrow U$ , определяющих правило выбора управления  $u(t_n) = \varphi_r(t_n, Z(t_n))$ , стохастическая функция  $H$  преобразования состояний автомата  $H: T \times Z \times X \rightarrow Z$ .

Вероятностный автомат  $A_2 = \langle U, X, S, F, B \rangle$  реализует управление вектором технического состояния  $S(t)$ . Входным алфавитом является множество управлений  $U$ , а выходным – множество реакций  $X$  на выполнение целевых требований, предъявляемых к программе технической эксплуатации.

Можно поставить в соответствие выходной реакции автомата  $A_2$  индикатор истинности предиката  $\chi(t_n) = \chi(\Theta(t_n))$ , принимающий значения  $1$  или  $0$  в зависимости от выполнения целевых требований. Множеством внутренних состояний автомата  $A_2$  служит множество  $S = \{0, \dots, 1\}$ , а преобразование состояний автомата  $S \times U \rightarrow S$  осуществляется семейством стохастических матриц  $\{B(u)\}$ , зависящих от варианта управления  $u$ . При этом выходная реакция автомата формируется в зависимости от реализованного управления и достигнутого состояния с помощью стохастической функции:

$$\chi(t_n) = F(u(t_{n-1}), s(t_n)) \quad (4)$$

Обратная связь между автоматами  $A_1$  и  $A_2$  осуществляется путем выбора реакции  $\chi(t_n)$  в качестве признака состояния  $Z(t_n)$  автомата  $A_1$ :

$$Z(t_n) = \chi(t_n) \quad (5)$$

Полученные таким образом соотношения и обеспечивают управление техническим состоянием по принципу обратной связи.

Нам же необходимо рассмотреть механизм адаптивного управления. Как отмечалось, необходимость в адаптивном управлении возникает тогда, когда «неточно» задана модель объекта управления, «нечетко» определены цели управления и не гарантирована стабильность внешней среды.

Все три особенности в той или иной мере присущи практике эксплуатации автомобильной техники. Математическая модель не может дать абсолютно достоверного представления об автомобиле, она лишь «образ» реального автомобиля, который уточняется в процессе всего периода эксплуатации и по мере получения новых сведений о его техническом состоянии.

Цели управления, даже если они заданы в виде некоторой системы критериев, также содержат элемент неопределенности, так как формируются субъектом — лицом, принимающим решения.

Применительно к рассматриваемой проблеме эта неопределенность содержится в определении системы показателей эффективности  $\mathcal{E} = \{C_{\Sigma}, K_{r}, W\}$  в установлении ограничений на показатели  $K_{r}, W$ . Поэтому в системе управления мы вынуждены рассматривать не одну модель управления  $M$ , а некоторый класс моделей  $M = \{M\}$ , относительно которого следует формировать программу управления техническим состоянием автомобиля. Другими словами, необходимо иметь метамодель управления  $M \times I \rightarrow M$ , формирующую из множества  $M$  наилучшую для заданной информационной ситуации  $I$  математическую модель управления  $M$ .

После того как выбрана модель управления и сформулированы цели управления в виде системы показателей технико-экономической эффективности  $\mathcal{E}$ , оценочного функционала  $R$  и критерия оптимальности  $\rho$ , а также определены принципы управления объектом  $\Phi = \{\phi\}$ , может быть сформирована модель системы управления. Она включает в себя модель управляющей подсистемы (программы технической эксплуатации) и модель информационной системы. Модель программы технической эксплуатации содержит:

- модель управления

$$M \times \Phi \rightarrow \Sigma \tag{6}$$

$$\Sigma \times P_{\Omega} \rightarrow U,$$

которая для выбранной математической модели  $M$  и принятой концепции управления  $\Phi$  формирует пространство возможных стратегий  $\Sigma$  и пространство управлений  $U$ ;

- модель объекта управления

$$\Omega \times M \times U \rightarrow \rho_{\Omega}, \tag{7}$$

формирующую по управлению  $U$  распределение вероятностей  $\rho_{\Omega}$  в зависимости от состояния внешней среды  $\Omega$ ;

- модель адаптации управления

$$M \times R \times \rho_{\Omega}^* \rightarrow M \tag{8}$$

$$\Phi \times R \times \rho_{\Omega}^* \rightarrow \Phi,$$

обеспечивающую коррекцию математических моделей управления в зависимости от результатов управления.

Модель информационной системы обеспечивает получение с реальных объектов эксплуатации выборочного распределения  $U \times \Omega \rightarrow P_{\Omega}^*$  и его преобразование в оценочный функционал  $P_{\Omega} \times \mathcal{E} \rightarrow R$ , характеризующий качество управления.

Совокупность рассмотренных моделей представляет в целом математическую модель адаптивной системы управления техническим состоянием. Для синтеза такой модели необходимо решить ряд научных задач.

- Определить модель управления, на основе которой может быть сравнительно просто и достаточно корректно синтезирована адаптивная система управления техническим состоянием автомобилей.
- Определить модель и стратегию технического обслуживания и ремонта автомобилей.
- Разработать модели и алгоритмы адаптивного управления техническим состоянием автомобиля в различных режимах эксплуатации.
- Разработать методы и алгоритмы контроля технического состояния автомобиля.
- Исследовать возможности аппаратных и программных средств управления техническим состоянием автомобилей и обосновать требования к информационной подсистеме системы технической эксплуатации автомобилей.

### Список литературы

1. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. М.: Высшая школа, 1982, 231 с.
2. Барзилович Е.Ю., Воскобоев В.Ф. Эксплуатация авиационных систем по состоянию (элементы теории). М.: Транспорт, 1981, 197 с.
3. Буравлев А.И., Доценко Б.И., Казаков И.Е. Управление техническим состоянием динамических систем. – М.: Машиностроение, 1995. – 240 с.: ил.
4. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. М.: Высшая школа, 1981. 368 с.
5. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. М.: Высшая школа, 1976. 405 с.
6. Доценко Б.И. Диагностирование динамических систем. Киев: Техніка, 1983. 159 с.
7. Евланов Л.Г. Контроль динамических систем. М.: Наука, 1979, 432 с.

8. Казаков И.Е. Статистическая динамика систем с переменной структурой. М.: Наука, 1977. 421 с.
9. Казаков И.Е., Артемьев Е.М. Оптимизация динамических систем случайной структуры. М.: Наука, 1980. 387 с.
10. Казаков И.Е., Гладков Д.И. Методы оптимизации стохастических систем. М.: Наука, 1987. 304 с.
11. Растринин Л.А. Адаптация сложных систем. Рига: Зинатне. 1981. 386с.
12. Смирнов Н.М., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. М.: Транспорт, 1987, 272 с.
13. Смирнов Н.Н., Ицкович А. А. Методы обслуживания и ремонта машин по техническому состоянию. М.: Знание, 1973, 56 с.
14. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – М.: Транспорт, 1980. – 232 с.

**Рецензенты:**

Швецов И.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой промышленной энергетики ФГБОУ ВПО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород;

Андрианов Н.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВПО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород.