

## НЕЧЕТКАЯ ОЦЕНКА ИДЕНТИФИКАЦИИ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Дудкалов Ю. В., к.т.н.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

*Предложена оценка идентификации уровня надежности для восстанавливаемых транспортных средств с применением нечетких множеств, что позволяет принимать решения при управлении в технологиях ремонтного производства.*

**Введение.** Проблема информационного обеспечения процессов в технологических системах технического обслуживания и ремонта (*ТС TOuP*) средств автомобильного транспорта (*CAT*) связана с обязательной идентификацией исходного состояния объектов восстановления (*OB*). Спектр возможных исходных состояний и вариантов принимаемых решений по применяемым технологиям *TOuP* создает существенные особенности в управлении ремонтным производством. Прежде всего, это обуславливает необходимость построения системных информационных моделей *OB* для автоматизированного инжиниринга в соответствии с принципами *CALS*-методов для сквозной конструкторско-технологической автоматизированной подготовки.

При анализе и прогнозировании технического состояния машин обычно применяются методы теории надежности [1,2]. Возможности таких методов ограничены требованиями статистической обработки данных, применяемыми количественными оценками случайных факторов и т.д. Зачастую для решения актуальных задач управления в *ТС TOuP* требуется универсальный аппарат, который обладает широким спектром возможностей по идентификации и на основе которого можно генерировать эффективные алгоритмы функционирования для обеспечения качества и надежности *TOuP*.

**Анализ последних публикаций.** Понятие идентификации нечеткой модели используется в классической теории систем, и под идентификацией понимается получение на основе входных и выходных данных такой модели, которая была бы эквивалента исходной системе [3]. Если в качестве системы рассматриваются многоуровневые объекты – *CAT* для *TOuP* (деталь-узел-агрегат-машина), то идентификация предполагает определение технического состояния по совокупности отдельных парамет-

ров и характеристик, полученных при диагностике, дефектации, в процессе обработки или контроле качества с последующим выполнением формализованного вывода и принятием решений о составе операций *TOuP*. Известно [4 и др.], что удовлетворительные результаты дают «мягкие вычисления», объединяющие нечеткую логику, нейровычисления, генетические алгоритмы, которые образуют алгоритмы структурной и параметрической идентификации. Однако, при *TOuP CAT* предъявляются специфические требования к возможностям информационной модели [5], что определяет и другое содержание методики идентификации нечеткой модели *OB*.

**Цель и задачи исследований.** Целью исследования является разработка методики идентификации оценки надежности *OB* с помощью нечетких структурно-параметрических процедур. Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать системную нечеткую модель для описания *OB* в *ТС TOuP*;
- подготовить методику оценки идентификации уровня надежности *OB* в процессах *TOuP*.

**Нечеткая системная модель для описания *OB*.** Множество считается заданным, если указаны все атрибуты, которыми обладают элементы множества. Связи между элементами могут быть различными по степени влияния, и технические системы зачастую имеют нечеткие связи и границы. Для моделирования таких систем используются множества, у которых принадлежность элемента множеству задается нечетко или приблизительно. В предметной области *CAT* обычно используются описания конечных четких множеств, элементы которых объективно и четко заданы. В предметной области *TOuP* для описания *OB*, как отображения *CAT* после эксплуатационных воздействий, целесообразно применение конечных нечетких множеств, элементы которых субъективно (по экспертным оценкам) и нечетко включены в состав множества. Системная информационная модель многоуровневого *OB* должна содержать базовую информацию о полном множестве функциональных отклонений, дефектов и неисправностей, причем зачастую имеющих нечеткие границы. Например, *CAT* с частичными нарушениями некоторых функций, с неисправными агрегатами, с дефектными деталями при оценках состояния «почти годен», «небольшой износ» и т.д.

Вся совокупность функциональных, иерархических и динамических свойств системной модели *OB* отражается в соответствующих множествах:

- функций  $FUN^{OB}$ , которое состоит из нечетких множеств основных  $F_{осн}^{OB}$ , обслуживающих(вспомогательных)  $F_{обс}^{OB}$  и управляющих  $F_{упр}^{OB}$

$$\mathbf{FUN}^{OB} = \mathbf{F}_{очн}^{OB} \cup \mathbf{F}_{обс}^{OB} \cup \mathbf{F}_{упр}^{OB} = \left\{ \begin{array}{l} \mu_F(\mathbf{F}_{очн}^{OB}) / \mathbf{F}_{очн}^{OB}, \\ \left\{ \mu_F(\mathbf{F}_{обс1}^{OB}) / \mathbf{F}_{обс1}^{OB}, \dots, \mu_F(\mathbf{F}_{обс\max}^{OB}) / \mathbf{F}_{обс\max}^{OB} \right\}, \\ \left\{ \mu_F(\mathbf{F}_{упр1}^{OB}) / \mathbf{F}_{упр1}^{OB}, \dots, \mu_F(\mathbf{F}_{упр\max}^{OB}) / \mathbf{F}_{упр\max}^{OB} \right\} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

- иерархических уровней  $OB$  (четкое множество  $\mathbf{ST}^{OB}$ )

$$\mathbf{ST}^{OB} = \{st_1, \dots, st_k \dots st_{\max}\}, \quad (2)$$

- динамических свойств (четкое множество  $\mathbf{T}^{OB}$  - время эксплуатации, стадии жизненного цикла  $CAT$ , время  $TouP$ , трудоемкость)

$$\mathbf{T}^{OB} = \{t_1, \dots, t_j \dots t_{\max}\}. \quad (3)$$

Принадлежность каждого элемента нечеткому множеству  $\mathbf{FUN}^{OB}$  может быть задана функцией принадлежности  $\mu_F(\mathbf{F}_i^{OB}) / \mathbf{F}_i^{OB}$ . Её значение для элементов множеств равно числу в интервале  $[0, 1]$  и определяет степень принадлежности.

Таким образом, предлагаемую нечетко-множественную многоуровневую модель  $OB$  можно использовать при исследовании полного множества возможных дефектов и неисправностей  $CAT$ , подлежащих ремонтным воздействиям в  $TC TouP$ .

### Оценка идентификации уровня надежности $OB$ в процессах $TouP$ .

Достоверность решений, которые принимаются на основе нечетких моделей  $OB$ , в значительной степени предопределяется функциями принадлежности  $\mu_F(\mathbf{F}_i^{OB}) / \mathbf{F}_i^{OB}$ , устанавливаемыми статистическими методами. С учетом постоянно растущего многообразия конструкций  $CAT$  и их агрегатов достаточно сложно определять параметры функций принадлежности. Для решения проблемы целесообразно сочетать экспериментальные статистические данные (обучающие выборки) и базы данных для типовых конструкций  $CAT$  на каждом иерархическом уровне  $\mathbf{ST}^{OB}$ .

Анализ нечеткой системной модели (1)-(3) показал, что для идентификации  $OB$  в  $TC TouP$  следует использовать нечеткую модель (MISO-систему) с  $m$  входами для элементов  $\mathbf{F}_i^{OB}$ , принимающих значения  $\mathbf{FUN}_{il}^{OB0}$  для множеств  $\mathbf{F}_{очн}^{OB}, \mathbf{F}_{обс1}^{OB}, \dots, \mathbf{F}_{обс\max}^{OB}, \mathbf{F}_{упр1}^{OB}, \dots, \mathbf{F}_{упр\max}^{OB}$  и  $n$  независимыми выходами  $y_1, \dots, y_n$  (MIMO-система) для структурно различимых иерархических уровней, которые можно представить в виде  $n$  подмоделей с правилами вида:

$$R_i^{\theta} : \text{если } F_1^{OB} \text{ есть } FUN_{i1}^{OB\theta} \text{ и } F_2^{OB} \text{ есть } FUN_{i2}^{OB\theta} \text{ и } \dots \\ \text{и } F_m^{OB} \text{ есть } FUN_{im}^{OB\theta}, \text{ то } y_i \text{ есть } Y_i^{\theta}, \quad (4)$$

где  $\theta = \overline{1, q}$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Нечеткая модель состоит из следующих основных элементов: блок фаззи-фикации, блок нечеткого логического вывода, блок дефаззификации. Механизм вывода представляет собой процесс решения системы продукционных правил (4), в результате которого определяется значение выходной лингвистической переменной  $\langle \text{уровень надежности} \rangle \tilde{Y}_i$  при известных значениях входных переменных (модель Мамдани). Для оценки выходной переменной вводятся градации для вероятности отказа:

- $\langle \text{высокая вероятность} \rangle$ ,
- $\langle \text{средне высокая вероятность} \rangle$ ,
- $\langle \text{средняя вероятность} \rangle$ ,
- $\langle \text{средне низкая вероятность} \rangle$ ,
- $\langle \text{низкая вероятность} \rangle$ .

По методу средних центров выполняется расчет для оценок надежности, которые соответствуют указанным нечетким термам.

### **Выводы.**

1. Предлагаемый метод нечеткого системного моделирования ОБ позволяет анализировать для САТ полное множество дефектов, включая такие, которые не определяются количественными оценками, а описываются лингвистическими переменными на разных структурно различимых уровнях.

2. Оценка уровня надежности позволяет выполнить формализованное обоснование содержания ГОиР для ОБ, алгоритма технологического процесса, оптимизирует не только последовательность и состав технологических операций, но и сокращает расход ресурсов, обеспечивая надежность процесса.

3. Полученные нечеткие модели могут быть использованы в интеллектуальных системах, обеспечивающих прогнозирование эффективности ГОиР и методов контроля согласно стандартам ISO 9000:2000.

### **Список использованных источников**

1. Анилович В.Я. Обеспечение надежности сельскохозяйственной техники/ В.Я. Анилович, В.Г. Карпов – К.: Техника, 1989. – 125 с.
2. Кухтов В.Г. Долговечность деталей шасси колёсных тракторов /Кухтов

- Валерий Георгиевич. – Х.: ХНАДУ, 2004. – 292 с.
3. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации /Цыпкин Яков Залманович. М.: Наука, 1995. – 336 с.
  4. Ротштейн О.П., Штовба С.Д., Козачко О.М. Моделювання та оптимізація надійності багатовимірних алгоритмічних процесів. – Вінниця: УНІВЕР-СУМ-Вінниця, 2007. - 211 с.
  5. Дудукалов Ю.В. Методика идентификации нечеткой модели объекта восстановления в ремонтном производстве / Ю.В. Дудукалов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Вип. 114 «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» - Х., 2011. – с. 224 – 229.

#### **Анотація**

### **НЕЧІТКА ОЦІНКА ІДЕНТИФІКАЦІЇ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ВІДНОВЛЕННЯ В РЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

**Дудукалов Ю. В.**

*Запропонована оцінка ідентифікації рівня надійності для транспортних засобів, що відновлюються, із застосуванням нечіткого моделювання, яка дозволяє прийняти обґрунтовані рішення для управління технологіями ремонтного виробництва.*

#### **Abstract**

### **FUZZY ASSESSMENT IDENTIFICATION OF THE LEVEL OF RELIABILITY RECOVERY OBJECTS IN REPAIR WORK**

**Dudukalov Y.V.**

*Proposed identification of the level of reliability for the rescue vehicles with the use of fuzzy sets, allowing you to make decisions in the management of technology of repair production.*