

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ІНЖИНІРИНГУ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Запропонована методика нечіткої оцінки рівня працездатності деталей, вузлів і агрегатів, як об'єктів відновлення, що входять до складу автотранспортних засобів, яка дозволяє приймати рішення під час виконання технологічного інжинірингу в ремонтному виробництві.*

Підвищення ефективності інжинірингу в технологічних системах технічного обслуговування і ремонту (ТС *TOiP*) автотранспортних засобів (АТЗ) пов'язане з якісною ідентифікацією стану об'єктів відновлення (ОВ) і забезпеченням необхідного рівня їх працездатності за рахунок належного проектування технологій. Широкий спектр можливих технічних станів і багатоваріантність рішень, що приймаються в ході технологічного інжинірингу для *TOiP*, створюють суттєві складності, для подолання яких доцільно використовувати формальні процедури оцінки з можливостями ідентифікації і генерування ефективних алгоритмів функціонування для забезпечення якості та надійності *TOiP*.

Для аналізу та прогнозування технічного стану АТЗ зазвичай застосовуються методи теорії надійності [1]. Можливості таких методів обмежені вимогами статистичної обробки даних, кількісними оцінками випадкових факторів і т.д.

В запропонованій методиці для багаторівневих об'єктів АТЗ при *TOiP* (деталь-вузол-агрегат-машина) ідентифікація передбачає визначення технічного стану за сукупністю окремих параметрів та характеристик, які одержані при початковій діагностиці (дефекції), в процесі обробки або завершального контролю якості з наступним виконанням формалізованого висновку і прийняттям рішень про зміст операцій *TOiP*.

Відомо [2,3], що задовільні результати дають «м'які обчислення», що об'єднують нечітку логіку, нейрообчислення, генетичні алгоритми та складають алгоритми структурної та параметричної ідентифікації. Однак, при *TOiP* АТЗ мають специфічні вимоги до можливостей інформаційної моделі [4], що визначає особливості методики ідентифікації нечітких моделей ОВ. Інформаційні моделі ОВ для *TOiP* повинні забезпечувати можливість автоматизації процесів технологічного інжинірингу, високу ефективність процесів *TOiP*, діагностику технічного стану і виявлення несправностей. Для інформаційних моделей ОВ використовуються графоаналітичні форми, а по ієрархічній побудові послідовність: поверхня-деталь-складальна одиниця.

Так, для деталі геометричні, механічні, теплофізичні, технологічні та інші властивості описуються вимірювальними або не вимірювальними (лінгвістичними) змінними. Можливі дефекти після експлуатації АТЗ: зміна геометрії окремої поверхні або сукупності поверхонь, зміна фізико-механічних характеристик матеріалу, тріщини, обломи, обрив різьби и т.д. Множина  $Def = \{xd_1, xd_2, \dots, xd_i, \dots, xd_n\}$  - відкрита, не обмежена по кількості можливих дефектів, а її склад визначається фактичними умовами експлуатації та встановлюється при дефектації. Для кожного із діагностичних (дефектованих) параметрів  $xd_i$  існує область визначення. Наприклад, при виготовленні гладких циліндричних поверхонь встановлюється поле допуску  $Td$  - для валів,  $TD$  - для отворів. Дійсний розмір  $d$  поверхні вала повинен знаходитися під виготовлення в інтервалі:  $d_{min} \leq d \leq d_{max}$ , де  $d_{min}$ ,  $d_{max}$  - верхня і нижня межа поля допуску. Аналогічно записуються співвідношення для отвору:  $D_{min} \leq D \leq D_{max}$ , де  $D_{min}$ ,  $D_{max}$  - верхня і нижня межа поля допуску. Під час зношування поверхні в процесі експлуатації відбувається зміна дійсного розміру, який має обґрунтоване обмеження для мінімального значення  $d_{np\ min}$  - для вала,  $D_{np\ min}$  - для отвору.

Аналіз моделювання нечітких оцінок [5] показав, що для ідентифікації *OB* в *ТС TOiP* слід використовувати нечітку модель с *m* входами та одним виходом (MISO-систему), оскільки модель с *m* входами  $(xd_1, \dots, xd_m)$  и *n* незалежними виходами  $y_1, \dots, y_2$  (MIMO-система) можна представити у виді *n* підмоделей с правилами виду:

$$R_i^\theta : \text{если } xd_1 \text{ есть } XD_{i1}^\theta \text{ и } xd_2 \text{ есть } XD_{i2}^\theta \text{ и } \dots \text{ и } xd_m \text{ есть } XD_{im}^\theta, \text{ то } y_i \text{ есть } Y_i^\theta, \quad (1)$$

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

Механізм виводу представляє собою процес рішення системи продукційних правил (1), в результаті якого визначається значення вихідної змінної для оцінки працездатності  $\hat{y}_i$  при відомих значеннях вхідних змінних  $xd_j, j = \overline{1, m}$ . Отже, нечітка модель оцінки рівня працездатності *OB* уявляє собою сукупність механізму виводу і продукційних правил, в правих частинах яких можуть бути нечіткі множини (модель Мамдані).

Важливим етапом рішення задачі ідентифікації нечітких моделей є вибір виду функції належності. Існує широкий набір аналітичних виразів для функцій належності, які можуть бути використані в механізмах нечіткого виводу систем моделювання: кусочно-лінійні, трикутні, трапецеїдальні, сигмоїдні, гаусові або поліноміальні [5]. В розрахунках оцінок рівня працездатності з урахуванням відповідності між функціями належності і властивостями *OB* по показникам безвідмовності та довговічності (ресурсу) використовуються саме трапецеїдальні форми.

Таким чином, запропонована методика нечіткої оцінки рівня працездатності деталей, вузлів і агрегатів, як об'єктів відновлення, дозволяє аналізувати повну множину дефектів, включаючи такі, що не визначаються кількісними показниками, а описуються лінгвістичними змінними. Під час технологічного інжинірингу на основі формалізованого обґрунтування структури поверхонь і властивостей деталі, які потрібно відновити, формується алгоритм технологічного процесу. До нього включаються відповідні операції, методи відновлення, що визначають послідовність і склад технологічних операцій. Це скорочує витрати ресурсів, забезпечує надійність процесу. Отримані результати можуть бути використані в інтелектуальних системах, що прогнозують ефективність *TOiP* та застосовують методи контролю згідно стандартам ISO 9000:2000.

### Список літературних джерел

1. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко // В двух частях. Часть 1. – Харьков. – РИО ХГАДТУ, 1998 – 255 с., Часть 2. - Харьков. – РИО ХГАДТУ, 1998. – 219 с.
2. Ротштейн О.П., Штовба С.Д., Козачко О.М. Моделирование та оптимізація надійності багатовимірних алгоритмічних процесів/ О.П. Ротштейн, С.Д. Штовба, О.М. Козачко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. - 211 с.
3. Панкевич О.Д. Диагностирование трещин строительной конструкции за допомогою нечітких баз знань / О.Д. Панкевич, С.Д. Штовба : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. - 108 с.
4. 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.
5. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

**Дудукалов Юрій Володимирович** – к.т.н., доцент кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

**Хрипливець Сергій Геннадійович** – магістрант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.