

116. В.В. Аулін д.т.н., професор, А.В. Гриньків, Д.В. Голуб, Кіровоградський національний технічний університет.

### ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕРВАЛУ НАПРАЦЮВАННЯ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ І АГРЕГАТИВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Аналіз надійності складних систем і агрегатів засобів транспорту (ЗТ), що експлуатуються у жорстких умовах сільськогосподарського виробництва (СГВ), показав, що більшість відмов мають поступовий характер. Передусім - це пов'язано з поступовим їх старінням з напрацюванням.

В таблиці 1 наведені дані про співвідношення кількості поступових і раптових відмов систем і агрегатів ЗТ.

**Таблиця 1 - Відмови систем і агрегатів ЗТ (КамАЗ-43105 30-65тис. км пробігу)**

Системи і агрегати	Кількість відмов, %	
	поступових	раптових
Масляна система	15-23	34-46
Паливна система	8-17	3-7
Коробка переключення передач	2-9	11-13
Головна передача	4-12	12-16

З таблиці 1 можна бачити, що стратегії технічного обслуговування за напрацюванням не в повній мірі забезпечують надійну роботу ЗТ, що експлуатуються у жорстких умовах сільськогосподарського виробництва. Підвищення надійності ЗТ можливе шляхом розробки методики переходу на експлуатацію з індивідуальним підходом до різних ЗТ та їх систем і агрегатів. Для реалізації даного підходу є потреба в повному обсязі використати можливі стратегії переходу, розробити теоретичні основи виключення ризику відмов та відповідні методичні рекомендації із залученням сучасних засобів математичного аналізу та обробки результатів контролю. Отже проблема підвищення експлуатаційної надійності ЗТ у СГВ за допомогою індивідуального підходу підтримання технічного стану є актуальною і потребує комплексного подальшого дослідження.

Інформацію про зміну технічного стану систем і агрегатів ЗТ можливо отримати з аналізу динаміки ресурсовизначальних параметрів, якими можуть бути кількісна оцінка зношування елементів систем і агрегатів ЗТ, діелектрична проникність оливи, термоокислювальна стабільність оливи, витрата палива, впорскування палива, характеристики акустичної емісії різних вузлів систем і агрегатів ЗТ та інш. Для забезпечення нормальної експлуатації систем і агрегатів ЗТ на протязі життєвого циклу потрібно завжди проводити технічні дії, для підвищення значень ресурсовизначальних параметрів до їх початкових значень. Такі технічні дії в теорії надійності називаються відновленням технічного стану [1,2].

Для кількісної оцінки процесу відновлення технічного стану систем і агрегатів ЗТ необхідно математичне моделювання динаміки ресурсовизначальних параметрів. Позначимо через  $D_t$  значення діагностичного параметру в момент  $t$ . У відповідності до теорії відновлення в процесі діагностування накопичується сукупність значень  $\{D_t\}_{t \geq 0}$ , що є стохастичним процесом. Цей діагностичний параметр задається у вигляді  $D_t = D_0 + d_t$ , де  $\{d_t\}_{t \geq 0}$  - стохастичний процес зміни діагностичного параметру. Його зміна характеризується функціями розподілу процесу  $\{D_t\}$  та відповідною щільністю розподілу його значень, що виражаються наступними формулами:

$$F_t(D) = P(D_t \leq d); \quad (1)$$

$$f_t(d) = F_t'(D). \quad (2)$$

Допустима область, що визначає безвідмовну роботу систем і агрегатів за діагностичними параметрами, задається їх межами  $[D_n, D_e]$ . Можливі випадки з односторонніми відхиленнями, у вигляді обмеження знизу  $D_n$  або обмеження зверху  $D_e$ . Основною характеристикою безвідмовності є випадкове напрацювання до поступової відмови, тобто виходу ресурсовизначального параметру за межі допустимої області.

Основну увагу в теорії відновлення технічного стану надається розрахунку напрацювання при різних заданих моделях динаміки ресурсовизначальних параметрів. Інформація про параметри їх

розподілів дозволяє планувати заходи по відновленню технічного стану для серії ідентичних систем, тобто планувати технічне обслуговування за деякими нормативними параметрами [3,4]. Але більшість ресурсовизначальних систем і агрегатів ЗТ, що експлуатуються у жорстких умовах СГВ потребують більш індивідуального аналізу свого технічного стану. За такого підходу інтерес викликають не ансамблі випадкових функцій  $\{D_t\}_{t \geq 0}$ , а окремі реалізації  $D_t$ . Також вважаємо відомою модель динаміки ресурсовизначального діагностичного параметру з точністю до постійних невідомих коефіцієнтів, оцінених методами математичної обробки вимірювань  $D_t$  в процесі діагностування технічного стану систем і агрегатів ЗТ.

Динаміку ресурсовизначального діагностичного параметру подамо у вигляді:

$$D_t = D_0 + vt, \quad (3)$$

де  $D_0$  - відоме початкове значення діагностичного параметра,  $v$  - швидкість розвитку параметру,  $t$  - напрацювання системи та агрегату ЗТ.

При індивідуальному підході до підтримання технічного стану в моделі (3) швидкість розвитку параметру  $D_t$  розраховується по результатам його вимірювань. Будемо вважати, що систематична похибка вимірювань (похибка приладу) ресурсовизначального параметру відсутня, а випадкова нормально розподілена похибка характеризується дисперсією  $\sigma_0^2$ . В якості невідомої величини будемо приймати її оцінку, отриману за методом найменших квадратів:

$$\tilde{v}_i = \frac{1}{i\Delta_t} \sum_{j=1}^n (D_j - D_{j-1}), \quad (4)$$

де  $D_j$  - вимірювання ресурсовизначального параметру  $D_t$  в дискретний момент часу  $j\Delta_t$ ;  $i$  - число вимірювань.

Оцінка  $\tilde{v}_i$  має нормальний розподіл з математичним очікуванням  $M[\hat{v}] = V$  та дисперсією  $D[\hat{v}_i] = \sigma_v^2 \Delta_t^2 \frac{(2i-1)}{i^2}$

При постановці оцінки  $\hat{v}_i$  в модель (3) отримаємо нормально розподілену оцінку поточного значення ресурсовизначального параметра  $D_t$ :

$$\hat{D}_t = D_0 + \hat{v}_i i \Delta_t. \quad (5)$$

з математичним очікуванням  $M[\hat{D}_i] = D_0 + v_i \Delta_t$  та дисперсією  $D[\hat{D}_i] = \sigma_v^2 (2i-1)$ .

Оцінка  $\hat{v}_i$  дозволяє побудувати прогнозне значення визначального параметра  $D_{i+m}$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ ):

$$\hat{D}_{i+m} = D_0 + \hat{v}_i (i+m) \Delta_t, \quad (6)$$

з математичним очікуванням  $M[\hat{D}_{i+m}]$  і дисперсією  $D[\hat{D}_{i+m}] = \frac{\sigma_v^2 (2i-1)}{i^2} (i+m)^2$ .

Таким чином, випадкова величина функції безвідмовної роботи дорівнюватиме

$$P = \frac{D_i - \hat{D}_{i+m}}{\sigma_v (i+m) \Delta_t \sqrt{2i-1}/i}, \quad (7)$$

та має нормальний розподіл, а для знаходження інтервалу відновлення  $\tau_g$  технічного стану систем і агрегатів розраховуватиметься з умови:

$$P(\tau_g) = P_{зад}, \quad (8)$$

де  $P_{зад}$  - задане значення ймовірності безвідмовної роботи. Тоді квантиль для даного розподілу буде дорівнювати:

$$U_{P_{зад}} = \frac{D_e - D_0 - \hat{v}_i(i+m)\Delta_t}{\sigma_v(i+m)\Delta_t\sqrt{2i-1/i}}, \quad (9)$$

Звідси і знаходимо напрацювання до відновлення  $(i+m)\Delta_t$ , технічного стану систем і агрегатів ЗТ у СГВ:

$$\tau_e = (i+m)\Delta_t = \left[ \frac{D_e - D_0}{U_{P_{зад}} \sigma_v + \hat{v}_i} \right]. \quad (10)$$

З отриманого виразу (10) випливає, що замість математичного очікування і середньоквадратичного відхилення властивостей ідентичних систем, використовується оцінка  $\hat{v}_i$  і її середньоквадратичне відхилення  $\sigma_v$ , що відображають процес ідентифікації моделі старіння конкретної системи чи агрегату ЗТ.

Запропонований підхід дає можливість швидко виявити деградацію ресурсовизначального параметра та знайти оптимальний варіант напрацювання для проведення технічного обслуговування систем і агрегатів ЗТ у СГВ що вимагають індивідуального плану технічних обслуговувань для підвищення їх експлуатаційної надійності.

### Література

1. Аулін В.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегії технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки / В.В. Аулін, А.В. Гриньків // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування. – 2015. - № 28 С.
2. Гриньків А.В. Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів / А.В. Гриньків // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету, Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація - 2016. – 29. – С. 25-32
3. Аулін В.В. Использование теоретико-информационного подхода для анализа технического состояния топливной системы автомобиля / В.В. Аулин, А.В. Гриньков // “MOTROL” journal according of the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, CULS/- 2016/- Vol/18, №2 – p.63-69
4. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик, А.В. Гриньків, Д.В. Голуб – Монографія – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2016 – 304с.

**117. Viktor Aulin, Taras Zamota, Sergii Lysenko, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine.**

### IMPROVEMENT OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE MAIN MACHINE'S PAIRINGS AT RUNNING-IN

The macro-geometry of units of friction considerably differs from correct. In many cases space tapering of surfaces is broken. A roughness after tooling frequently falls short of optimum values. It results in higher specific pressures in the area of contact, to the direct contact of metal surfaces and, as a result of it, to the teasers, grasping and enhanceable wear of the running-in surfaces. Defects have an effect of increase of contact pressure on small area and further in more rapid tribological processes as compared to a contact without a defect. For example, by the result of the unlubricated contact of surface on a ring, in which warped steel on bronze, diminishing of the time of running-in with the increase of defect was marked. It talks about complication of flowing processes and necessity of further study of influence of defects on running-in of the sliding surfaces.

Therefore the details of connections of machines must not be exposed to abrasive grinding in. One possible type of grinding in, there is the chemical-mechanical planarization (CMP) [1] and another one is electrochemical– mechanical planarization (ECMP) [2,3]. ECMP found a wide use as method of clean (final) grinding-in of details, workings in the conditions of friction, mechanical loadings, corruptions because this process is related to the change of micro roughness and physical and chemical state of surface.