

УДК 631.3:620.172

© С.С. Карабиньош, к.т.н., І.С. Харківський, к.т.н., О.О. Сподоба
Національний університет біоресурсів і природокористування України

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

В статті представлено оригінальний метод прогнозування залишкового ресурсу сільськогосподарських машин при використанні методів неруйнівного контролю (голографічних). Використання результатів голографування дозволяє з високою точністю встановити стан поверхні деталі і визначити залишковий ресурс.

ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС, ПРОГНОЗУВАННЯ, НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ГОЛОГРАФІЯ, МАТЕМАТИЧНЕ СПОДІВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.

Постановка проблеми. За сучасного стану економіки України, як відмітив акад. Троїцький В.А. на останньому конгресі з неруйнівного контролю, підвищеної уваги потребує проблема оцінки залишкового ресурсу об'єктів народногосподарського значення, які мають значний термін тривалої експлуатації. У плані його визначення

цілеспрямовано працюють інститути електрозварювання, фізико-механічний, проблем міцності, проблем машинобудування, ДКБ Південмаш та інші всього 128 установ Держреєстру з технічної діагностики і неруйнівного контролю [1,3,5].

Практика вітчизняного та закордонного сільськогосподарського машинобудування підтверджує, що для успішного вирішення завдань з випуску якісних сучасних сільськогосподарських машин, обладнання і знарядь необхідно застосовувати комплексно-системний підхід з врахуванням конструктивно-технологічного формування при ретельному контролі якості виготовлення або ремонту с.г. техніки. Вихідним параметром для цього, поряд з ретельним аналізом експлуатаційних даних, має бути інформація про їх поточний технічний стан. Таку інформацію дає реалізація методів неруйнівного контролю та технічної діагностики. Для визначення обґрунтованого ресурсу сільськогосподарських машин необхідно створити системи безперервного контролю їх працездатності. Це повинні бути сучасні контрольні-діагностичні системи, які здатні оцінювати технічний стан машини під час її виготовлення, експлуатації та ремонту

З іншого боку відсутність цілеспрямованої державної політики на відродження вітчизняного приладобудування в цілому і засобів неруйнівного контролю та технічної діагностики зокрема привело до того, що державний реєстр засобів вимірювань приладами неруйнівного контролю практично не поповнюється. Цьому не сприяє і політика Держстандарту України, який питання метрології, стандартизації та сертифікації засобів і методів неруйнівного контролю практично випустив з уваги. [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практика вітчизняного та закордонного сільськогосподарського машинобудування підтверджує, що для успішного вирішення завдань з випуску якісних сучасних сільськогосподарських машин, обладнання і знарядь необхідно застосовувати комплексно-системний підхід з врахуванням конструктивно-технологічного формування при ретельному контролі якості виготовлення або ремонту с.г. техніки. Вихідним параметром для цього, поряд з ретельним аналізом експлуатаційних даних, має бути інформація про їх поточний технічний стан. Таку інформацію дає реалізація методів неруйнівного контролю та технічної діагностики. Для визначення обґрунтованого ресурсу сільськогосподарських машин необхідно створити системи безперервного контролю їх працездатності.

Проблемам неруйнівного контролю, технічної діагностики значну увагу в своїх роботах приділяють вчені: Е.О. Патон, А.Н. Гузь, Л.М. Лобанов, В.А. Тройцький, В.А. Пивторак, М.Н. Беляев, Д.А. Білокур, В.В. Ключев, Т.Л. Лессор, П.Буне та ін. технічного стану деталей, їх придатності до подальшої експлуатації із заданими параметрами надійності, визначеною з одного боку від структурних параметрів, а з іншого - їх фізичних і механічних властивостей [4, 6]. Такі описи робочих поверхонь матеріалів деталей відрізняються порівняно невеликі значення дисперсії розмірів, що розміри відповідей і типів навантаження, мікрдеформації, час завантаження і може бути представлений у досить вузькому інтервалі на їх можливого стану.

Мета дослідження – провести наукові дослідження і визначити можливі шляхи прогнозування залишкового ресурсу сільськогосподарських машин з використанням оптичних методів неруйнівного контролю.

Результати досліджень. Показники довговічності визначають втрати роботоздатності машини після часу її експлуатації. Значення показника довговічності може бути певний максимум - по можливої величини вихідних по параметру і якийсь невстановленої випадкового процесу втрати ємності, наприклад - через втрату міцності поверхневих шарів роботи контакт взаємопов'язаних зон як таких деталей, розмір зносу, деформації або корозії. Ресурс відповідальних деталей є регульований розмір, і вони потенційно здатні працювати. Як показують результати досліджень показали, що не менше, як 30% від числа всіх технічних обслуговувань з регулювання виконані без фактичної необхідності.

Беручи машину як комплекс різноманітних елементів, які взаємодіють між собою при роботі та створюють працездатний виріб, слід відмітити, що довговічність її повинна враховуватися із визначенням величини наробітку або строків служби окремих її елементів [3, 4]. Діагностування параметрів технічного стану сільськогосподарських машин сучасними методами, як показав практичний досвід, спряжено із значними труднощами. Результати, як правило, не дозволяють адекватно оцінити технічний стан виробу (машини, знаряддя), особливо таких, які були в експлуатації. Діагностування техніки дозволяє досліджувати параметри її технічного стану конструкцій, механізмів і машин в робочих умовах, а також прогнозувати їх працездатність і надійність в нормальних умовах експлуатації і в аварійних ситуаціях роботи, обумовлених природними

явищами, технічними або організаційними помилками при проектуванні, виготовленні і недбалій експлуатації.

Прогнозування технічного стану техніки, в тому числі і сільськогосподарських машин, є складним процесом встановлення вихідних параметрів їх технічного стану. Одним з головних значень результату прогнозування є визначення залишкового ресурсу основних елементів машин, від працездатності яких залежить ефективне використання всього виробу. Прогнозування в сучасних умовах ринкової економіки нашої країни відіграє важливу роль. Відсутність коштів у фермерських та інших господарствах на придбання нових машин вимагає використання техніки, яка вже була в експлуатації. Встановлення строків можливої ефективної експлуатації дає можливість аграріям оптимізувати управління ведення своїм господарствам, в плані ефективного застосування техніки.

Базою прогнозування є вивчення реального процесу зміни технічного стану елемента машини із виявленням впливу комплексу факторів – мікродеформування, величина зношування за визначену наробітку, а також періодичності контролю – діагностування із встановленням технічного стану елемента машини. Для машини або її елемента, який є визначальним і відповідає за справний стан, наприклад, двигуна чи трансмісії, а вихід їх із ладу приведе до її втрати, час безвідмовної роботи (ресурс) визначиться із залежності:

$$M(T_{res}) = \min \left[M(t_1); M(t_2); M(t_3); \dots; M(t_{n-1}); M(t_n) \right] \quad (1)$$

де $M(T_{res})$ – математичне сподівання ресурсу машини на момент діагностування, год.; $M(t_1); M(t_2); M(t_3); \dots; M(t_{n-1}); M(t_n)$ – математичне сподівання часу безвідмовної роботи елементів машини, год.

У цьому випадку, втрата роботоздатності кожної деталі призведе до втрати роботоздатності всієї системи.

За умовою, коли необхідно визначити ресурс багатокомпонентної системи, в якій вихід із ладу певного елемента не веде до втрати працездатності всього виробу, наприклад сівалки або плуга, ресурс або час безвідмовної роботи визначиться за формулою:

$$M(T_{pec}^1) = \min \left\{ \left[M(t_1); M(t_2); \max(M(t_3); M(t_4)); \right. \right. \\ \left. \left. M(t_5); \dots; M(t_{k-1}); M(t_k) \right]; \dots; t_{n-1}; t_n \right\}, \quad (2)$$

В таких умовах, деякий певний елемент машини не викличе втрати її повної роботоздатності. У процесі роботи агрегати машин та

їх елементів втрачають здатність виконувати функції поступово і час безвідмовної роботи кожного з них є випадковою величиною, який дає можливість оцінити математичне сподівання всіх елементів машини, в цьому випадку є можливість застосувати метод Монте-Карло. Для цього, щоб в нашому випадку реалізувати цей метод необхідно знати: 1) імовірнісні величини всіх елементів системи чи машини; 2) - знати функцію розподілу величин, які досліджують.

Встановлено залежність величини ресурсу машин чи їх елементів від величини компонентів вектора мікродеформування (U ; Y ; Z), які, в свою чергу, залежать від технічного стану об'єкта. Встановлення технічного стану деталі і всієї машини при голографуванні проходить на мікроскопічному рівні і дає можливість запобігти розвитку руйнівних процесів. Знаючи не тільки скалярну величину вектора мікродеформування, а також і його просторовий напрямок, є можливість встановити напрямки руйнівних зусиль та моментів. Тоді залежності 1 і 2 приймуть вигляд:

$$M(T_{pec}) \cong \min [M(u_1); M(u_2); M(u_3); \dots; M(u_{n-1}); M(u_n)] \quad (3);$$

$$M(T_{pec}) \cong \min [M(y_1); M(y_2); M(y_3); \dots; M(y_{n-1}); M(y_n)] \quad (4);$$

$$M(T_{pec}) \cong \min [M(z_1); M(z_2); M(z_3); \dots; M(z_{n-1}); M(z_n)] \quad (5);$$

$$M(T^1_{pec}) \cong \min \left\{ \begin{array}{l} [M(u_1); M(u_2); \max(M(u_3); M(u_4); M(u_5); \dots; M(u_{k-1}); M(u_k)); \dots] \\ ; M(u_{n-1}); M(u_n) \end{array} \right\} \quad (6);$$

$$M(T^1_{pec}) \cong \min \left\{ \begin{array}{l} [M(y_1); M(y_2); \max(M(y_3); M(y_4); M(y_5); \dots; M(y_{k-1}); M(y_k))] \\ \dots; M(y_{n-1}); M(y_n) \end{array} \right\} \quad (7);$$

$$M(T^1_{pec}) \cong \min \left\{ \begin{array}{l} [M(z_1); M(z_2); \max(M(z_3); M(z_4); M(z_5); \dots; M(z_{k-1}); M(z_k))] \\ \dots; M(z_{n-1}); M(z_n) \end{array} \right\} \quad (8)$$

Слід відмітити, що при реалізації комп'ютерної голографії застосовують тільки два компоненти вектора мікродеформації – U та Y , при умові експресаналізу. При необхідності уточнення значень параметрів застосовують три компоненти вектора, використовуючи при цьому можливості спекл-інтерферометрії, як єдиного методу, який дає можливість їх визначити.

Реалізація голографії обумовлює прийняття за діагностувальний параметр математичне сподівання величини мікродеформування, або в конкретних випадках для

сільськогосподарської техніки форму інтерференційних смуг, їх розподіл та зміну при зміні параметру навантаження чи подовженості строку експлуатації.

В процесі роботи деталі машин та їх елементи поступово втрачають свою працездатність, а час безвідмовної роботи кожного елемента є випадковою величиною, а це дає можливість оцінити математичне сподівання $M(T_{pec})$ – середнє значення для величини працездатності для всіх елементів машини, які діагностують, і дисперсію $D(T_{pec})$ – величину відхилення значень T_{pec} від $M(T_{pec})$, в цьому випадку є можливість застосувати метод Монте-Карло. Для цього необхідно визначити ймовірнісні величини мікродеформування елементів машини, а також знати функцію розподілу цих значень.

Середнє початкове значення параметра, встановленого за технічними вимогами, і до або після навантаження вперше проведеного діагноста. Реалізація голографії передбачає акцепт для діагностично параметра розміру мікродеформації, або в конкретних випадках для сільськогосподарською технікою вигляді інтерференційних смуг, їх розподілу та зміни при зміні параметру навантаження або продовжували терміну експлуатації.

На основі базового значення параметру і його розмірів в момент прогнозування розрахунок математичної надії розміру залишився ресурсу була проведена після формулою:

$$M(T_{rez}) = M(T_{int}) \left[M(\partial_{lim}) / M(\partial_{cur}) \right]^{1/\alpha} - 1 \quad (9)$$

де $M(T_{rez})$ – математичне сподівання величини залишкового ресурсу, год.;

$M(T_{int})$ – математичне сподівання величини початкового ресурсу, на момент дослідження, год.; $M(\partial_{cur})$ – математичне сподівання величини зміни мікродеформації в в початкових умовах, мкм $M(\partial_{lim})$ – математичне сподівання величини зміни мікродеформації в граничних умовах, мкм, коли подальша експлуатація машини технічно – неможлива або економічно не вигідна, мкм; $M(\partial_i)$ – математичне сподівання величини зміни мікродеформації в пошуковий момент часу, мкм. β – коефіцієнт, що характеризує швидкість зміни параметру діагностування.

Отримані рівняння, які описують розподіл величини мікродеформування на поверхні деталі, дають можливість встановити їх значення шляхом проведення відповідних математичних

перетворень. Для цього з кожного рівняння, які отримано для конкретної деталі необхідно визначити координати точок, для яких значення величини мікродеформування буде екстремальним.

Висновки. Запропонований метод визначення залишкового ресурсу дає можливість прогнозувати його за допомогою визначення одного параметру – величини мікродеформування в момент проведення діагностування. Середньостатистичне значення початкового і граничного параметрів визначають на базі комплексу експериментальних досліджень або за технічними умовами. Основна перевага розробленої методики ґрунтована на визначенні залишкового ресурсу ϵ : застосування реальної операційної інформації та потенціалу можливостей голографії, а також можливість отримання достовірної інформації про умови виникнення максимальної стану і динаміки розвитку деформації в деталях.

Література

1. Karabinesh S.S. Structurally - technological methods providing of reliability of agricultural technique by computer holography. 2012. /S.S.Karabinesh. - Worsov, Motrol, 14 - №3, 112-119.
2. P. Boone, Ph. Vanspeybroeck, Karabinesh S.S. Evaluation of of the of Rapid Crack Propagation Phenomena in pressurized of Polyethylene Pipes by of Holographic Interferometry. 1998./Boone, Ph.Vanspeybroeck, S.S.Karabinesh//13 - th of Plastic Fuel Gas Pipe Symposium, San Antonio, Texas, USA, 1-4.11.93, - 10 p.
3. Karabinesh S.S. Non - distractive control glue - weed joining by computer holography// 111 International Research And Technical Conference (MOTOROL 2001) .- Lublin: Agriculture University. - Volume 4. – P.144-147.
4. Карабинеш С.С. Дефекти. Пошкодження деталей. Методи визначення / С.С.Карабинеш. - Саарбрюкені (Німеччина): Palmarium Publishing, 2013. - P. 89.
5. Карабинеш С.С. Диагностика технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса / С.С.Карабинеш. - М.: Контроль. Диагностика. – 2013, №3. - С. 74-78.

Рецензент д.т.н., проф. В.Д. Войтюк