

**ПРОБЛЕМИ КОНТРОЛЮ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ
МАШИН НА ЕТАПАХ ПРОЕКТУВАННЯ
ТА ВИГОТОВЛЕННЯ**

**Алфьоров О.І., к.т.н., доц., Клименко М.П., к.т.н., доц.,
Зінченко О.О., інженер, Качур С.В., Козлов Р.Г.,
магістранти**

*Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка*

Розглянуто методику вибіркового контролю довговічності елементів машин у виробництві за параметрами якості виготовлення із залученням математичної моделі.

Досвід експлуатації транспортних засобів показав їх недостатню надійність. Розробка методів забезпечення необхідного рівня надійності елементів машин є актуальною проблемою. Одним з можливих способів підвищення ресурсу вузлів транспортних засобів є контроль надійності деталей на виробництві.

Основоположні експериментальні та теоретичні роботи з підвищення довговічності машин виконали Анілович В.Я., Гринченко О.С., Кухтов В.Г., Погорілий Л.В. та інші.

Контроль надійності полягає у перевірці відповідності виробу заданим вимогам по надійності [1]. Розрізняють розрахунковий, розрахунково-експериментальний і експериментальний методи визначення та контролю надійності.

У розрахунковому методі визначення надійності розрахунок надійності заснований на використанні показників надійності за довідковими даними про надійність елементів, за даними про надійність виробів-аналогів та іншої інформації, наявної до моменту оцінки надійності. Розрахунково-експериментальний метод визначення надійності заснований на процедурі визначення показників надійності елементів експериментальним методом, а показників надійності системи в цілому - з використанням математичної моделі. Експериментальний метод визначення надійності заснований на статистичній обробці даних, одержуваних при випробуваннях або експлуатації системи або її складових частин та елементів.

При неякісному виготовленні елементів машин забезпеченням їх надійності надалі займається експлуатуюча організація: потрібно

більш тривала і непродуктивна обкатка на полегшених режимах, необхідно більш часте проведення регламентних робіт та інших робіт з технічного обслуговування. Все це призводить до неефективного витрачання коштів, збільшує витрати на підтримку техніки в працездатному стані. Найчастіше такого положення можна уникнути, якщо запровадити жорсткий контроль надійності на виробництві.

Способи оцінки і контролю надійності, як правило, передбачають проведення ресурсних випробувань. Випробування агрегатів машин і навіть окремих деталей - дорогий і трудомісткий процес. Раціональним підходом до питань управління і контролю надійності машин є перехід від контролю методом випробувань до контролю параметрів виробу, який зазвичай істотно менш трудомісткий, не пошкоджує контрольований об'єкт і може проводитися в значно ширших масштабах, ніж випробування. Цей перехід можна здійснити при наявності математичної моделі довговічності, до якої входять технологічні чинники, що дозволяє методом статистичного моделювання оцінювати ефективність заходів з контролю та управління надійністю.

Нижче наведено методику і результати досліджень по параметричному управлінню і контролю надійності на прикладі карданних шарнірів транспортних засобів.

Шарніри всіх карданних валів мають однакову конструкцію. Маючи велику універсальність і компактність, карданна передача разом з тим є вузлом, довговічність якого у розглядуваних конструкціях ще недостатня.

При виготовленні карданні вали повинні піддаватися динамічному балансуванню. Допустимий дисбаланс не повинен перевищувати 10 Н·мм. Для балансування до валу приварюються балансувальні пластини. Биття зібраного карданного валу не повинне перевищувати 0,5 - 0,8 мм

Основні напрями в розвитку конструкції карданних передач обумовлені прагненням задовольнити підвищені вимоги до їх довговічності при одночасному зменшенні часу обслуговування.

В карданній передачі розраховуються карданний вал (на кручення, розтягування-стискання, кут закручування), вилка і хрестовина (на міцність і знос), підшипники карданного шарніра (на довговічність, тепловий режим), критичну частоту обертання валу.

Для голчатих підшипників [2] сила P (Н), що діє на шпильку, повинна задовольняти умові

$$P \leq [P_D] = 780 \frac{i_p \cdot d_p \cdot l_p}{\sqrt[3]{n_k \cdot t g \gamma}}, \quad (1)$$

де $[P_D]$ - допустиме зусилля на шпильку; i_p - число голок; d_p і l_p - діаметр і робоча довжина голки, мм; n_k - частота обертання карданного валу, хв^{-1} .

Максимальні статичні напруження кручення карданного валу не повинні перевищувати 200 Н/мм^2 .

Для визначення ступеню впливу шорсткості і твердості робочих поверхонь хрестовин на довговічність карданного шарніра були проведені стендові випробування кардана. Кут зламу 16° , частота обертання 1500 хв^{-1} , при випробуваннях були постійні.

Результати проведених випробувань і дані роботи [2] дозволили на підставі принципів побудови математичних моделей довговічності об'єктів, наведених в [3], отримати наступну залежність

$$T = \psi \frac{H^{3,22}}{R_a^{0,34} \cdot \Delta^{0,5} \cdot M^{3,165}}, \quad (2)$$

де T - довговічність шарніра (годин);

M - момент, що крутить (Н·м.);

H - твердість шпильки хрестовини (од.НRC);

Δ - зазор в підшипниковому вузлі (мкм);

R_a - шорсткість робочої поверхні шпильки (мкм);

ψ - еквівалентний параметр режиму експлуатації.

Користуючись наведеною моделлю довговічності карданного шарніра, можна оцінити вплив на розподіл ресурсу не тільки зміни номінальних величин технологічних параметрів, але і їх статистичних характеристик.

Результати обчислень показують, що значного підвищення ресурсу карданних шарнірів можна досягти при забезпеченні жорсткості контролю якості виготовлення виробів. Так, наприклад, за тих же умов виробництва ($T=62,5$; $\sigma_T = 1,1$; $R_a = 0,3$; $\sigma_R = 0,09$; $\Delta=75$, $\sigma_\Delta = 18$), застосовуючи бракування хрестовин з твердістю менше 60 од.НRC, шорсткістю робочих поверхонь більше 32 мкм і зазорами в підшипниках більше 90 мкм (задані по кресленню), можна підвищити модальне значення ресурсу шарніра в 1,8 рази.

Такий ефект досягається при суцільному контролі параметрів. Оскільки суцільний контроль вимагає великих витрат коштів і часу, доцільно розробити більш економічну методику вибіркового контролю довговічності карданних шарнірів у виробництві за параметрами якості виготовлення із залученням математичної моделі.

Недостатня надійність приносить великий економічний збиток. Але не менш важливе, щоб машина не складалася з елементів, що істотно відрізняються за показниками надійності.

Погорілим Л.В. і Аніловичем В.Я. був запропонований загальний вид параметричної математичної моделі [4], що зв'язує величину показ-

ника (Π) з досліджуваними чинниками (q_i), яку зручно прийняти у вигляді

$$\Pi = a_0 \prod_{i=1}^n q_i^{\alpha_i}, \quad (3)$$

де a_0 - постійний коефіцієнт; α_i - показник ступеню.

Також на стадії проектування можливо виконувати параметричний контроль розрахункової довговічності виробів.

Прогнозування надійності включає в себе розробку відповідних розрахункових моделей для кожного показника надійності системи та оцінювання вхідних параметрів цієї моделі у вигляді параметрів надійності компонентів цієї систем для вирішення кінцевої завдання - оцінки вихідних параметрів надійності системи. Розробка розрахункових моделей є частиною загального процесу ідентифікації об'єкта, який включає в себе отримання та аналіз інформації про критерії якості функціонування, відмов і граничних станах, структурі об'єкта, склад і взаємодію елементів. Параметри моделі надійності компонентів враховують їх рівні навантаженості, можливі режими експлуатації.

Параметричний контроль, а також прогнозування надійності елементів трансмісії можна здійснювати за допомогою залежності [5]:

$$T = \lambda \cdot G^\alpha \cdot M^k \cdot H^\varphi \cdot n^\mu, \quad (4)$$

де λ - масштабуючий коефіцієнт;

G - вага деталі, кг;

M - крутний момент, що навантажує деталь, Нм;

H - твердість робочих поверхонь по HRC;

n - частість обертання деталі, хв⁻¹;

α, k, φ, μ , - показники ступеню, що характеризують вплив кожного чинника на величину ресурсу.

Так безпосередньо модель довговічності зубчатих коліс трансмісії має вигляд [5]:

$$T = 17,8 \cdot 10^3 \cdot G^{0,3} \cdot M^{-1,2} \cdot H^{3,25} \cdot n^{-1}. \quad (5)$$

Дана залежність отримана за статистичними даними про ресурсні параметри, значення яких знаходяться в діапазоні потужності, що передається $100 \leq N \leq 120$ кВт.

Наведена математична модель надійності побудована на узагальненому досвіді інших дослідників і власних результатах [4,5], результатах масової експлуатації аналогічних конструкцій, що містить зв'язок показників надійності з конструктивними, виробничими і експлуатаційними

чинниками. Варіюючи значення чинників і накладаючи на них певні обмеження, можна значно простіше, швидше знайти оптимальне рішення по досягненню необхідної довговічності.

Істотний вплив на довговічність деталей надає точність Δ (якість) виготовлення. В залежності від виду сполучень показник ступеня при Δ знаходиться в межах 0,8 - 4 [5]. У роботі [5] наведені дані про вплив точності виготовлення на довговічність деталей трансмісії, які можна представити у вигляді наступної залежності $\beta_T^* = \beta_\Delta^{(0,81+4)}$, що говорить про істотний вплив точності сполучення і виготовлення на довговічність елементів машин.

Висновки.

Питання контролю виробів на етапах проектування та виготовлення вельми актуальне. Тому виникає потреба в моделюванні довговічності виробу по різних технологічних і конструктивних параметрах, яке дозволить виконати контроль та прогноз довговічності елементів на виробництві.

Список використаних джерел

1. ГОСТ 27.002 – 89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 20 с.
2. Сигаев А.М. Повышение эффективности диагностирования и ремонта карданных шарниров тракторов. Автореферат канд. дисс. Харьков, 1985. 24с.
3. Анилович В.Я. О математических моделях надежности объектов / Надежность и долговечность машин и сооружений. Сб.науч.тр., № 6. Киев, Наукова думка. 1984. С. 12-18
4. Погорелый Л.В., Анилович В.Я. Испытания сельскохозяйственной техники: научно-методические основы и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин. К.: Феникс, 2004. – 208 с.
5. Клименко Н.П. Прогнозирование долговечности элементов трансмиссии сельскохозяйственных машин на основе моделирования // Зб.н.пр. УкрНДІПВТ. – Київ – Дослідницьке: УкрНДІПВТ, 2004. – Вип.7(21), кн.1. - С.322-327.

Аннотация

ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ

**Алфёров А.И., Клименко Н.П., Зинченко А.А., Качур
С.В., Козлов Р.Г.**

Рассмотрена методика выборочного контроля долговечности элементов машин в производстве по параметрам качества изготовления с привлечением математической модели.

Abstract

RELIABILITY PROBLEMS OF CONTROL UNITS IN STAGES OF DESIGN AND MANUFACTURING

**A. Alfyorov, N. Klymenko, A. Zinchenko, S. Kachur, R.
Kozlov.**

The technique of sampling life in bits and pieces of machinery for the production quality parameters, involving the manufacture of a mathematical model.