

УДК.621.9

Р.М. Полінкевич

Луцький національний технічний університет

## АСПЕКТИ ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ШПИНДЕЛЬНИХ ГІДРОСТАТИЧНИХ ПІДШИПНИКІВ

*В роботі визначені аспекти задачі прогнозування параметричної надійності шпиндельних ГСП. Проведене дослідження та аналіз статичної жорсткості та демпфуючої здатності за допомогою програми прогнозування даних характеристик.*

Ключові слова: шпиндельний вузол, гідростатичний підшипник, параметрична надійність, прогнозування.

Гідростатичні підшипники (ГСП) знаходять все більше застосування в якості опорних вузлів шпинделів металорізальних верстатів. Вимоги до якості і надійності металорізальних верстатів висуває проблему забезпечення якості і надійності ШВ, які в першу чергу визначають характеристики усього верстата: точність і продуктивність обробки.

Параметрична надійність ШВ, яка характеризує його якість і роботоздатність, визначається розмірами області станів вихідних параметрів вузла, її зміною у часі і положенням відносно області роботоздатності. Чим менше область станів, тим вище його якість, і чим повільніше вона змінюється, тим вище його надійність [4].

При прогнозуванні враховується дія різноманітних видів енергії, які приводять до виникнення процесів різної швидкості: швидких, середньої швидкості і повільних. Переміщення, які виникають з більш повільною швидкістю розглядаються як тренд по відношенню до процесів з більшою швидкістю. Під трендом розуміють зміну значення математичного очікування сукупності траєкторій у часі.

Для розробки ММ прогнозування параметричної надійності шпиндельних ГСП були відокремлені наступні аспекти, які складають ієрархію:

- 1) системний, який визначає вимоги з боку зовнішнього середовища;
- 2) функціональний, який визначає задачі виконання прогнозу, тобто поведінку об'єкту прогнозування, як елемента системи більш високого ієрархічного рівня (залежність його вихідних параметрів від зовнішніх впливів);
- 3) часовий, який визначає часові межі виконання прогнозу;
- 4) конструкторсько-технологічний, який визначає характер і стабільність впливу внутрішніх параметрів об'єкту на його вихідні характеристики.

Системний аспект передбачає формулювання вимог щодо ГСП, як елемента підсистеми „шпиндельний вузол”, який в свою чергу є підсистемою технологічної системи верстата. При відокремлюванні ШВ як елемента пружної технологічної системи верстата він розглядається як пружно-демпфуюча ланка із декількома ступенями вільності.

Функціональний аспект пов'язаний з параметричною надійністю ШВ, котра визначається розміром області станів його вихідних параметрів, її зміною у часі і станом відносно області роботоздатності верстата [2, 4]. Цей складний набір параметрів моделі для прогнозування ШВ практично неможливо врахувати у рамках єдиної математичної моделі, тому у практиці для областей станів ШВ відокремлюють деяку підобласть менших розмірів, ніж область станів пружної системи верстата в цілому [2, 4]. Наприклад, частка похибки шпинделів токарних верстатів класу В у загальній похибці пружної системи верстата складає 25% [2]. Тому функціональний аспект прогнозування параметричної надійності ГСП має на увазі визначення границь областей роботоздатності саме ГСП із розрахунків ШВ і забезпечення цих границь у подальшому конструкторськими та технологічними засобами.

Часовий аспект пов'язаний із забезпеченням потрібних границь областей роботоздатності ГСП під час їх функціонування у складі ШВ. Цей аспект прийнято оцінювати таким параметром надійності, як час напрацювання на втрату функціональної придатності. Принципово при вірній експлуатації довговічність ГСП рахується необмеженою [1]. Але у процесі роботи трапляються повільні процеси, такі як зміна фізико-механічних характеристик мастила при його старінні, зміна гідравлічних опорів при забрудненні (облітерації) малих зазорів в дроселях і підшипниках. Це у власну чергу впливає на реакцію ГСП на дію впливів усіх типів: повільних, середньої тривалості і

швидких, і може привести також до втрати робоздатності, наприклад при критичній втраті статичної жорсткості. При прогнозуванні повільних процесів необхідне знання швидкості протікання й часових імовірнісних характеристик цих процесів, або поточний контроль стану.

Раптова втрата робоздатності пов'язана з характеристикою надійності напрацювання на відмову. Раптова відмова ГСП трапляється частіше за усе за металевим контактом поверхонь тертя. Можливі причини: вихід за допустимі межі повільних процесів старіння, раптова відмова системи живлення чи охолодження, вихід за допустимі межі зовнішніх навантажень (силових і температурних), порушення регламенту обслуговування.

Конструкторсько-технологічний аспект, вважаючи істотні властивості ГСП, є найважливішим при прогнозуванні параметричної надійності ГСП. Це пояснюється тим, що на стадії проектування і виготовлення ГСП і монтування їх в шпindelний вузол закладаються усі кінцеві вихідні параметри (робочі характеристики). Вихідні параметри ГСП залежать від великого числа, як незалежних, так і пов'язаних між собою параметрів, точне визначення яких після збирання вузла і в процесі його роботи у більшості випадків не діагностується. Можливе лише гарантувати деякі межі їхніх змін. Тому розрахунок ГСП взагалі говорячи повинен мати імовірнісний характер. Це цілком відноситься й до конструкторсько-технологічного аспекту прогнозування параметричної надійності ГСП.

На рис. 1 надана структурна схема прогнозування параметричної надійності (ПН) ГСП з врахуванням усіх названих аспектів.

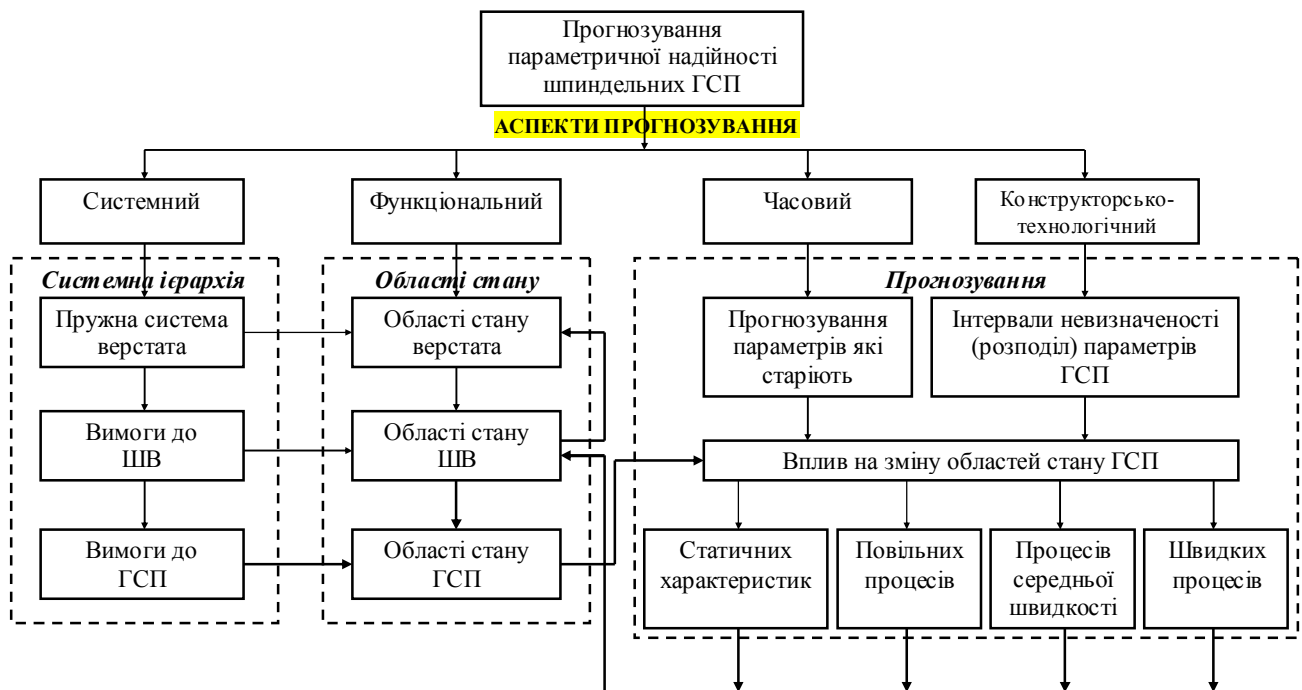


Рис. 1. Структурна схема прогнозування параметричної надійності ГСП

Моделі конструкторсько-технологічного прогнозування ГСП за ієрархією відносяться до математичних моделей критеріїв або оброблюваних (ММО), оскільки показники надійності є частковими показниками ефективності прийняття конструктивних рішень. З розгляду структурної схеми прогнозування параметричної надійності шпindelних ГСП впливає, що за визначеними границями областей стану ГСП необхідно прогнозувати у статистичному змісті наскільки розраховані вихідні параметри ГСП відповідають їх знаходженню у цих межах із врахуванням часового й конструкторсько-технологічного аспектів. Для виконання часового прогнозування необхідне знання хоча б інтенсивності заступлення відмов, тобто збір і обробка статистичної інформації про відмови. Нажаль, отримати достатньо представницьку статистичну вибірку при обмеженому парку верстатів з гідростатичними шпindelними вузлами, які працюють в однорідних умовах, на даний час зібрати неможливо. Залишається один шлях – моделювати часову зміну параметрів ГСП за обраним законом розподілу і в заданих межах їх варіювання. Зібрати таким чином статистичну вибірку і після її обробки отримати показники часової

надійності ГСП. У зв'язку зі сказаним пропонується наступний базовий набір критерійних моделей і прогнозування (табл. 1) відповідно аспектам прогнозування (див. рис. 1) і класифікації протікання процесів у ШВ [3].

Таблиця 1

Базовий набір критерійних моделей прогнозування вихідних характеристик шпindelних ГСП з врахуванням часового і (або) конструкторсько-технологічного аспектів

<b>Статичних характеристик</b>	Навантажувальних Енергетичних
<b>Повільних Процесів</b>	Статичних характеристик при повільному часовому тренді параметрів ГСП
<b>Процесів середньої швидкості</b>	Статичних характеристик при часовому тренді параметрів ГСП середньої і (або) повільної швидкості
<b>Швидких процесів</b>	Показників коливальних процесів (динамічної жорсткості, перехідного процесу в опорі)

Для аналізу моделей конструкторсько-технологічного аспекту прогнозування розроблена програма, результати яких надані на рис. 2 і 3. Наведений аналіз статичної жорсткості і демпфуючої здатності радіального ГСП з дренажними канавками і капілярними дроселями. Аналіз проводився програмно використовуючи метод Монте-Карло і наведений у вигляді гістограм розподілу та імовірнісних інтервальних характеристик статичної жорсткості і коефіцієнту демпфування. Розрахунки виконувалися при 400 прогонах із симетричним 5% відхиленням деяких параметрів точності ГСП за нормальним законом розподілу.

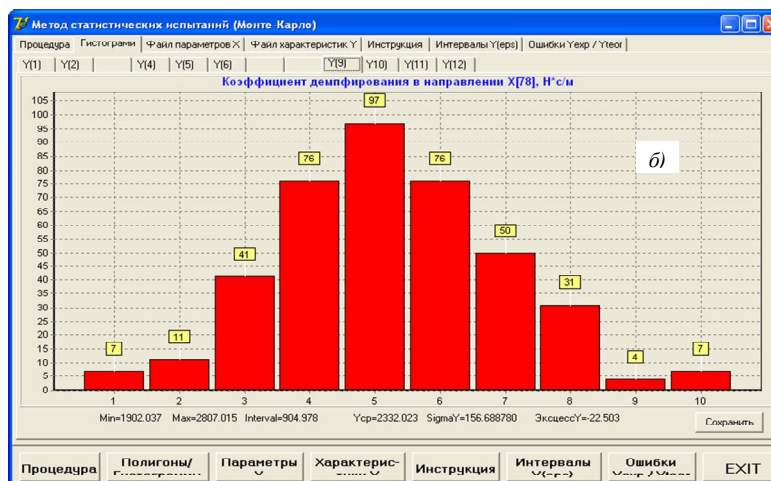
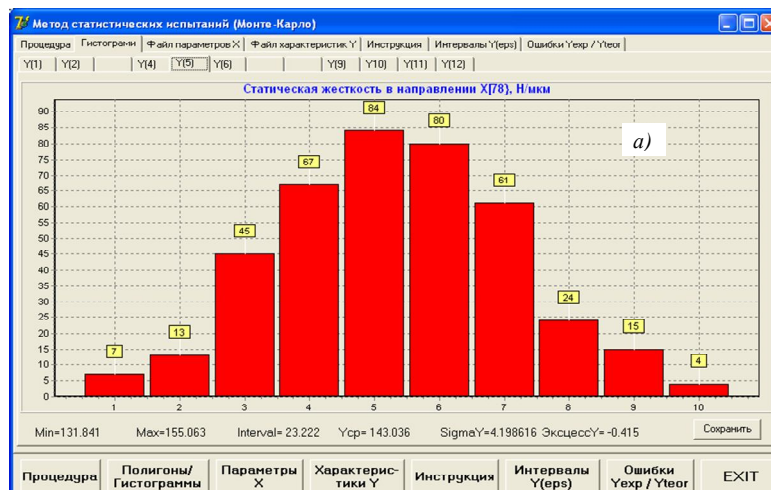


Рис. 2. Гістограми розподілу значень: а) статичної жорсткості; б) демпфування

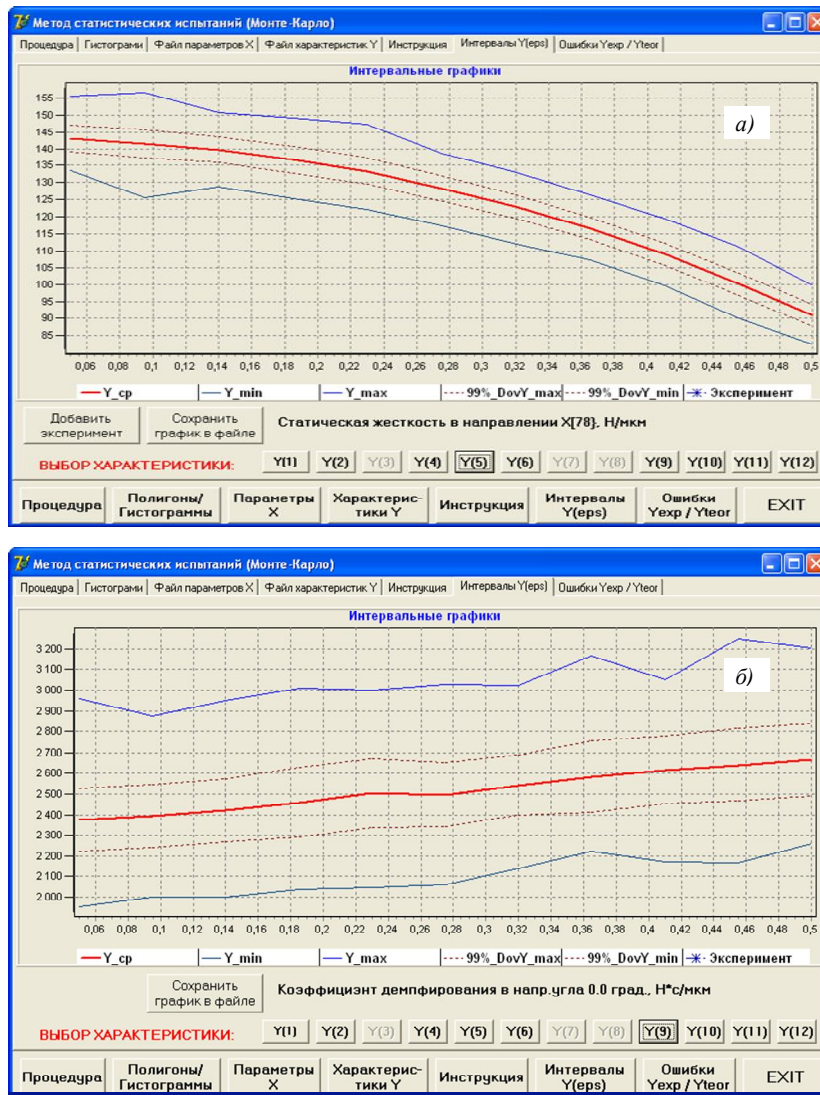


Рис. 3. Интервальные характеристики: а) статической жесткости; б) демпфирования

Визначено аспекти прогнозування параметричної надійності шпindelних ГСП: системний, функціональний, часовий та конструкторсько-технологічний. Програмний аналіз показав, що середні значення статичної жорсткості і демпфування знаходяться в полі відхилень довірчого інтервалу.

1. Гордеев А.Ф., Иволгин А.И. Опыт использования гидростатических шпиндельных опор// Станки и инструмент. – №1. – 1976. – С. 13 - 15.
2. Проников А.С. Оценка качества металлорежущих станков по выходным параметрам точности// Станки и инструмент. – №6. – 1980. – С. 5-7.
3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем / Под ред. Проникова А.С. - М.: Машиностроение, 1994. - Т. 1. – С. 445.
4. Пуш А.В. Шпиндельные узлы: Качество и надежность. – М.: Машиностроение, 1992. – С. 288.