

УДК 621

Р.М. Полінкевич

Луцький національний технічний університет

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТІВ

Розглянуті аспекти модульної побудови шпиндельних вузлів з гідростатичними підшипниками. Визначені математичні моделі рівнів структури програмного математичного забезпечення та їх функціональні параметри. Розроблене програмне забезпечення для автоматизованого проектування верстатів.

Ключові слова: *автоматизоване проектування, гідростатичні підшипники, шпиндельний вузол, математична модель.*

Продуктивність і точність обробки на верстатах значною мірою визначається характеристиками шпиндельного вузла (ШВ). Досвід сучасного проектування показує, що можливе істотне підвищення якісних показників ШВ в порівняно з відповідними прототипами за рахунок оптимізації його параметрів при проектуванні, а також в процесі експлуатації верстата. Проектування ШВ з гідростатичними підшипниками (ГСП) носить здебільшого неформальний характер внаслідок того, що вони на даний час не уніфіковані, а рекомендації з їх проектування є достатньо загальними.

Під час проектування верстатів з ГСП досить часто виникає проблема з вибором раціональної методики, більшість з яких методик орієнтовано на спеціалізовані розрахунки і потребують корегування. Слід також відзначити, що для більшості із них не наводяться достатньо обґрунтовані відомості щодо достовірності розрахункових результатів, тому збіг теоретичних і експериментальних даних за основними робочими характеристиками ГСП не можна вважати достатнім. Скорочення трудомісткості та термінів проектування шпиндельних вузлів при одночасному підвищенні якості проектних робіт з врахуванням динамічних процесів представляється можливим при автоматизованому проектуванні. Для використання наявних методик в автоматизованому проектуванні необхідно провести комплекс робіт з їх систематизації, доповнення і корегування. Рішення цієї проблеми неможливе без визначення співвідношення точності завдання початкових даних для розрахунку і ступеня деталізації функціональних взаємодій параметрів математичної моделі (ММ). Це питання по суті є відкритим.

Проаналізувавши літературні першоджерела з питань проектування та роботи ГСП, розглянуто сучасний рівень автоматизації розрахунку та проектування верстатних шпиндельних вузлів. Проведений огляд показав наступне:

1) розроблено математичні моделі практично для всіх відомих конструктивних варіантів ГСП, але у більшості випадків вони не пристосовані для автоматизованих розрахунків;

2) у переважній більшості для наявних ММ не приводиться оцінка достовірності моделей; існують моделі оцінки похибок від введення ряду допущень при розрахунках, а не врахування похибок, проте не існує моделей, що враховують усі чинники в комплексі;

3) існуючі моделі шпиндельних ГСП не структуровані, тобто вони включають моделі окремих елементів (дроселюючих, перемичок, кишень), але структурно не виділяються.

Проведений аналіз існуючих методик й засобів розрахунку шпиндельних ГСП показав, що:

1) при оцінці точності надійності ГСП передбачається, що необхідні характеристики опор і допуски на них забезпечуються на стадії проектування і підтримуються у процесі експлуатації;

2) відсутній системний підхід до структурування математичних моделей шпиндельних опор, які розробляються спеціально для цих цілей.

До того ж значну кількість розрахункових параметрів ГСП в існуючих моделях не можна вважати:

1) сталими, оскільки в процесі роботи ШВ трапляються температурні деформації, деформації від сил різання і дисбалансу, зміна фізико-механічних характеристик оливи тощо;

2) точно визначеними, оскільки після складання вузла їх практично не можна точно визначити (реальні величини зазорів, значення гідравлічних опор дроселюючих приладів тощо).

Необхідною умовою створення автоматизованої підсистеми (АП) розрахунків є аналіз існуючих методик розрахунку відповідно до критеріїв оцінки якості шпиндельних ГСП,

проведення їх корекції за необхідності, відбір найвдаліших моделей, розробка і включення в АП нових ММ.

Системний опис предметної області автоматизованих розрахунків шпindelних ГСП і її декомпозиція виконано на чотирьох рівнях:

- 1) загальної задачі проектування;
- 2) об'єкту залежно від стадії його проектування;
- 3) об'єкту залежно від рівня його абстрагування;
- 4) об'єкту в залежності від його конструктивних особливостей.

При цьому відокремлено 4 рівня структури прикладного математичного забезпечення (ПМЗ) із власними функціональними параметрами (табл. 1). Функції ММ виділених рівнів наступні:

1) ММЛ (моделі логіки) задають режим обробки обчислювальних критеріїв, містять моделі, що реалізують алгоритми оптимізації, побудови таблиць певної послідовності критеріїв, статистичного аналізу тощо;

2) ММК (моделі критеріїв) обчислюють критерії проектування по характеристиками об'єкту;

3) ММВ (моделі взаємодії) по суті є моніторами моделей за методикою розрахунків, вони здійснюють підключення визначеної ММ залежно від обчислювального критерію і заданої міри достовірності;

4) МММ (моделі методик) слугують для визначення характеристик елементів об'єкту проектування і оперують їх параметрами.

Таблиця 1

ММ рівнів структури ПМЗ та їх функціональні параметри

№	Рівень структури	Функціональні параметри		
		X	R	Z
1	ММЛ	X_L – параметри методу	R_L – обчислювальні критерії	Z_L – спотворення методу
2	ММК	X_K – параметри методу	R_K – узагальнені взаємодії	Z_K – обмеження за критеріями
3	ММВ	X_B – точність і достовірність критерію	R_B – конкретні взаємодії	Z_B – спотворення методики
4	МММ	X_M – параметри елементів ШВ	R_M – режими роботи моделі	Z_M – технологічні та робочі збурення

Взаємодія модулів рівнів ієрархічної структури ПМЗ у процесі розрахунків згідно табл. 1 описано структурною формулою:

$$P = \text{ММЛ} \| X_L, Z_L, R_L, \text{ММК} \{ X_K, Z_K, R_K, \text{ММВ} [X_B, Z_B, R_B, \text{МММ} (X_M, Z_M, R_M)] \| \| \quad (1)$$

Існуючі конструкції шпindelних ГСП представлено за допомогою однієї узагальненої структури, а саме: дільники потоку-кишені-засори-злив.

При цьому дільники потоку відокремлюються в окрему групу пристроїв. Усі характеристики ГСП визначаються параметрами потоку оливи в його зазорах, а зазори ГСП утворені обмеженою кількістю видів поверхонь. З них можна виділити: циліндричні, плоскі, сферичні та конічні. За розташуванням перемичок, які створюють зазори, вони поділяються на: розташовані уздовж утворюючої і розташовані у напрямку обертової швидкості відносного ковзання. Кишені ГСП обмежені одним або декількома видами перемичок. Процес створення ММ ГСП можна структурувати, маючи ММ на перемичках. В цьому випадку використовуються структуровані моделі ГСП, а точність розрахунків визначатиметься точністю моделей перемичок та інших елементів ГСП.

Отримано критерії оцінки якості і вибору оптимальної структури математичних моделей об'єкту проектування за: 1) K_L – включенням у ММ параметрів об'єкту; 2) K_T – врахуванням технологічних (похибки виготовлення) і робочих (навантаження) збурень; 3) K_P – точністю і достовірністю розрахунків.

Розроблено спосіб об'єднання ММ елементів у єдину модель відповідно до заданої структури об'єкту, яка є жорсткою за порядком включення елементів, тому "складання" виконується на жорстких структурах, а альтернативними є лише елементи структури.

Структура ГСП формується з множини окремих модулів поелементної структури. На підставі отриманих синтезованих допустимих структур програма-монітор об'єкту компонує з

окремих, включених у структуру модулів, загальну програму розрахунку статичних і динамічних характеристик ШВ з ГСП обраної структури (рис. 1).

Формування розрахункової моделі ШВ з ГСП у вигляді комп'ютерної програми починається з генерації альтернативної допустимої структури ("Монітор генерації припустимих структур") з використанням інформації з "Бази структур ШВ з ГСП", яка містить "Таблиці відповідності" (використання) і "Таблиці зв'язків". Таблиці "бази структур ШВ з ГСП" при цьому можуть оновлюватися при введенні нової припустимої структури. За генерованою структурою з "Бази елементної структури" обираються програмні модулі відповідно до обраних елементів структури. Ввід даних для розрахунків здійснюється на основі інформації з "Бази структур ШВ з ГСП", а також "Бази параметричних даних". При цьому задаються: початкові параметри x ШВ з ГСП, дані за підсистемою ПД і основний параметр шпинделя d із супутніми параметрами (фізико-механічні властивості матеріалу, вимоги до якості поверхні обробки і затиску тощо). На рис. 1 показано, як формується розрахунковий модуль ГСП_{*i*} (наприклад, упорного) з загального набору модулів ГСП.

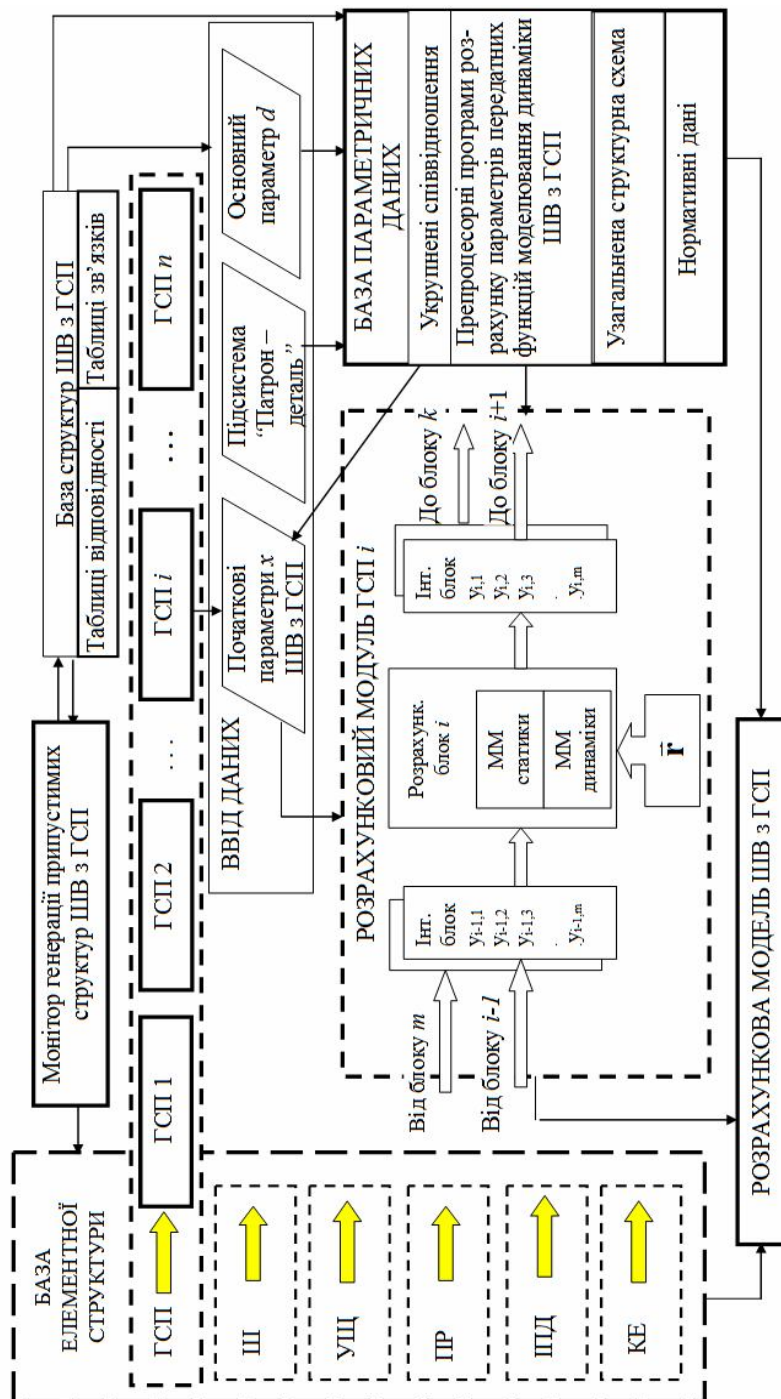


Рис. 1. Формування розрахункової моделі шпиндельних ГСП і параметрів елементів структури:

Ш – шпиндель; УЩ – ущільнення; ПР – привід; ПД – інструмент-патрон-деталь; КЕ – конструктивні елементи структури;

Аналогічна схема має місце для інших модулів поелементної структури. Завершує процес формування розрахункової моделі ШВ з ГСП "стикування" окремих модулів відповідно структурі ШВ з ГСП через їхні інтерфейсні блоки. Для рішення цієї задачі в процесі обчислень розроблено спеціальну програму – монітор ММ об'єкту, що за заданими кодами складових елементів завантажує в оперативну пам'ять ЕОМ ті елементи, які входять в обрану структуру. Стикування моделей елементів здійснюється з використанням типових інтерфейсних блоків.

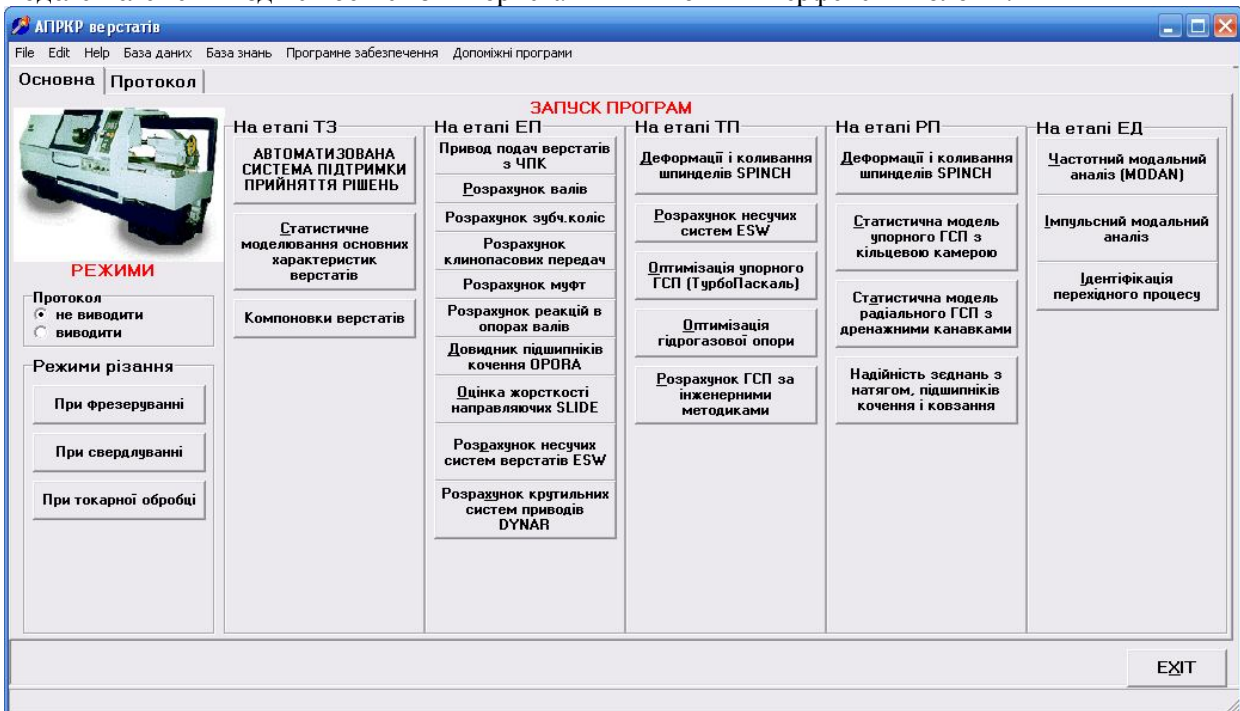


Рис.2. Загальне вікно розробленої програми автоматизованого проектування верстатів

Таким чином блочна структура побудови ММ спрощує створення ефективних ММ ШВ з ГСП. Програмний комплекс, створений по модульному принципу, має відкриту структуру, що дозволяє його розвиток, як по ММЕ ШВ з ГСП, так і по методах їхнього синтезу та аналізу. Пакет прикладних програм (ППП) повинен містити певним чином структуровані програми (модулі), розроблені на основі ММ розрахунку елементів ШВ з ГСП. Ефективність функціонування автоматизованої системи проектування багато в чому визначає якість ММ, що описують предмет проектування.

Дане програмне забезпечення дозволяє проектування вузлів верстатів на всіх його етапах: від технічного завдання до етапу дослідження роботи верстата.

1. Гордєєв О.Ф., Полінкевич Р.М. Автоматизоване прогнозування надійності з'єднань та вузлів металорізальних верстатів методом статистичних випробувань. Наукові нотатки. Випуск 28. – Луцьк, 2010. с.131-139.
2. Гордєєв О.Ф., Полінкевич Р.М. Структура математичного забезпечення автоматизованого проектування гідростатичних підшипників шпинделів верстатів // Наукові нотатки ЛДТУ. – Вип. 17. – Луцьк 2005. – с. 81-86.
3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем / Под ред. Проникова А.С. - М.: Машиностроение, 1994. - Т. 1. - 445с.
4. Соколов Ю.Н., Гордєєв А.Ф. Шпиндельные гидростатические подшипники. Расчет и проектирование: Руковод. материалы. - М.: ЭНИМС, 1969. - 74 с.