

збільшення взаємного впливу проекцій вектора швидкостей частинок рідини і появи нелінійностей у рівняннях руху рідини. Визначено вплив переносного руху на рівняння гідродинаміки в інтегральній формі. Він в основному проявляється у рівняннях зміни кількості руху (рівнянні імпульсів) та рівнянні зміни моментів кількості руху. Показано конкретний вплив переносних рухів на процеси течії рідини в малорозмірних зазорах змащувальних пристроїв.

В результаті сформульовані особливості проектування пристроїв гідروприводу технологічного обладнання, що використовує рідину в якості робочого тіла. Це є другим головним аспектом теорії проектування багатокоординатного технологічного обладнання.

Особливістю роботи багатокоординатного обладнання є залежність навантажень від вибраних законів руху робочого органу. Тому третім головним аспектом теорії проектування є необхідність формування раціональних законів переміщення робочого органу. Запропоновано розділити можливі закони руху робочого органу на усталені і перехідні.

Раціональними законами перехідного типу визначено рівноприскорені рухи робочого органу, які забезпечують суттєве зменшення динамічних навантажень, а відповідно і зменшення динамічних похибок роботи обладнання. Розроблені методики визначення динамічних і квазістатичних похибок роботи обладнання на етапі проектування.

УДК 621.941.08

**О. М. Яхно, д.т.н., професор,  
С. В. Струтинський, к.т.н**

*Національний технічний університет України «КПІ»*

### **ВИЗНАЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ АЕРОСТАТИЧНОГО ОПОРНОГО ВУЗЛА**

Аеростатичні сферичні опорні вузли мають високу точність та низькі моменти опору Їх застосування в прецизійних технологічних машинах суттєвим чином підвищує точність та динамічні характеристики технологічних машин .

Розробка сферичних опорних вузлів базується на результатах досліджень їх характеристик. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження статичних силових характеристик аеростатичних сферичних опорних вузлів [1] з діаметром сфери 120 мм, який мають по чотири аеростатичних опорних елементів.

Теоретичні дослідження статичних характеристик виконані по спеціальній методиці. Вона враховує закономірності течії повітря в кожному аеростатичному опорному елементі, які розташовані по периметру сфери. Виконано розрахунки силової характеристики, яка встановлює залежність переміщення сфери е від діючого на неї навантаження F. Силова характеристика описана поліноміальною функцією:

$$F_t = a_t + b_t e^2, \quad (1)$$

де  $a_t$ ,  $b_t$  – розрахункові коефіцієнти.

В процесі досліджень проведено експериментальні виміри силової характеристики аеростатичного сферичного опорного вузла. Для навантаження вузла використано безлюфтовий гвинтовий пристрій в комплекті із двостороннім кільцевим динамометром. Переміщення сфери вимірювалось індикаторами з точністю  $\pm 0,5$  мкм. Навантаження сфери здійснено в межах конуса з кутом при вершині  $40^\circ$  при вертикальному розташуванні вісі конуса. При експериментальних дослідженнях проведено послідовне знакозмінне навантаження вузла радіальним навантаженням в межах  $\pm 1000$  Н ступенями по 100 Н. При цьому виміряно переміщення сфери відносно її номінального положення. Розрахункові значення по формулі (1) відповідають експериментальним даним при переміщеннях сфери в діапазоні  $e = \pm 25$  мкм. При більших переміщеннях має місце відхилення розрахункових за формулою (1) і експериментальних даних. Тому одержана експериментальна залежність "сила-переміщення" апроксимована уточненою поліноміальною математичною моделлю виду

$$F_t = a_e e + b_e e^2 + c_e e^3, \quad (2)$$

де значення коефіцієнтів поліноміальної математичної моделі  $a_e$ ,  $b_e$ ,  $c_e$  вибрані із умови найкращого наближення формули (2) експериментальним даним згідно методу найменших квадратів.

Точність апроксимації експериментально визначеної характеристики поліноміальною моделлю (2) знаходяться в межах 5%, що можна вважати достатнім для складної просторової системи аеростатичного шарніра.

Параметри силової характеристики визначаються рядом факторів. Основним з них є тиск в пневмосистемі живлення сферичного аеростатичного опорного вузла.

Експериментально визначено вплив тиску в пневмосистемі на силову характеристику. Встановлено, що при зміні тиску в межах 0.1..0.4 МПа силова характеристика задовільно апроксимується поліноміальною моделлю (2). Коефіцієнти моделі збільшуються при зміні тиску

В результаті досліджень встановлено, що підвищення тиску живлення понад 0.8 МПа приводить до нестабільної роботи сферичного аеростатичного опорного вузла.

Це проявляється у виникненні вібрацій сфери які супроводжуються підвищеним шумом і ударами. Ці явища спостерігаються при навантаженнях на сферу, що перевищить  $\pm 700$  Н і переміщеннях сфери більших  $\pm 40$  мкм. Порушення статичного режиму роботи вузла пояснюється нестабільною роботою окремих аеростатичних опор при підвищенні тиску живлення. Зменшення робочого зазору в аеростатичній опорі визиває нестабільну течію повітря в зазорі. В сполученні із впливом стиску повітря в порожнинах опори нестабільність течії приводить до хаотичної зміни опорної реакції, а відповідно і до виникнення коливань сфери, що супроводжуються ударами при контактах сферичних поверхонь.

Дані явища інтенсифікуються при підвищенні тиску живлення. Це виявлено в процесі вимірів силової характеристики опори.

На основі проведених досліджень рекомендується обмежити тиск живлення величиною 0, 5 МПа. При цьому забезпечується достатньо висока жорсткість опори, стабільність її характеристик та виключаються небажані вібрації сфери.

### Література

1. Патент України на корисну модель №31194. МПК (2006) F16C32 / Гідростатично-аеростатичний опорний вузол / Яхно О.М., Струтинський С.В. (UA). – №u200714415; заявл.20.12.2007; опубл. 25.03.2008, Бюл. №6. – 3с.