

2. Пат. 106013 Україна: МПК (2006) G01G 19/02. Система поєсового зважування на платформних вагах / *І.В. Суворцев, О.В. Бабак, О.Е. Татарінов, Ю.А. Крижановський*; заявл. 06.08.2013; опубл. 10.07.2014 // Промислова власність. – 2014. – № 13.

3. Пат. 96367 Україна: МПК (2006) G01N 27/48. Спосіб гістограмної цифрової фільтрації хронопотенціометричних даних / *І.В. Суворцев, В.М. Галімова, О.В. Бабак*; заявл. 11.05.2010; опубл. 25.10.2011 // Промислова влас-

4. Прилади неавтоматичні зважувальні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ EN 45501:2007 (EN 45501:1992, IDT). – Введ. 2009-01-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2008. – 70 с.

5. Весы для взвешивания транспортных средств в движении. Общие технические требования: ГОСТ 30414-96. – Введ. 1998-01-07. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Стандартинформ, сор. 2007. – 6 с.

УДК 621.9 (621.1 ÷ 681.2)

ПРИСТРІЙ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОЛОЖЕННЯ РУХОМОГО ВУЗЛА АЕРОСТАТИЧНОЇ НАПРЯМНОЇ І АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЙОГО ПІДНІМАЛЬНОЇ СИЛИ



В.О. Тарасов, *докт. техн. наук*,
Т.М. Назаренко,
Л.О. Злочевська

Постановка проблеми. У попередніх номерах цього журналу розглянуто можливість синтезу прецизійних верстатів у пристроях інформаційного керування, що відкриває принципово новий напрям у конструюванні прецизійних верстатів, які мають ряд переваг порівняно з існуючими за точнісними характеристиками, жорсткій стабілізації радіального й осьового положення, а також напрямної для лінійного переміщення робочого інструмента прецизійного верстата. Розроблені теорія, принципи конструювання й алгоритми керування можуть знайти застосування в різних галузях народного господарства для виготовлення суперточнісних виробів оптики й механіки.

Мета роботи – розробка конструкції пристрою стабілізації положення рухомого вузла аеростатичної напрямної з інформаційним керуванням і аналітичного методу розрахунку його піднімальної сили.

Виклад основного матеріалу. *Пристрій стабілізації положення рухомого вузла аеростатичної напрямної* забезпечує:

- установку центрів основ датчиків блоків датчиків величин зазорів на паралельні прямі;
- вимір і оцінку величини переміщення рухомого вузла лінійним дискретним фільтром Калмана;
- формування сигналів керування на аеростатичні регулятори положення рухомого вузла.

До складу пристрою стабілізації (рис. 1) входять вимірники величин зазорів 26 для виміру величин зазорів за датчиками величин зазорів з похибкою, що не перевищує 10^{-2} величини вимірюваного зазору.

Цифровий блок 27 призначений для:

- прийому й перетворення в цифровий двійковий код вихідних напруг вимірників величин зазорів;
- формування сигналів керування на

аеростатичні регулятори положення рухомого вузла під час підготовки пристрою до роботи;

- керування переміщенням рухомого вузла з установленим кроком мікропереміщення m ;
- виміру й оцінки величини переміщення рухомого вузла;

- формування масиву величин опорних зазорів і видачі їх у схему керування положенням рухомого вузла в процесі стабілізації;

- формування сигналів керування на аеростатичні регулятори положення рухомого вузла в процесі стабілізації положення рухомого вузла щодо базової площини.

Пристрій керування переміщенням рухомого вузла 28 застосовується для установки й виміру величини кроку мікропереміщення в прямому і зворотному напрямках. Для цього у пристрої виробляється серія сигналів ке-

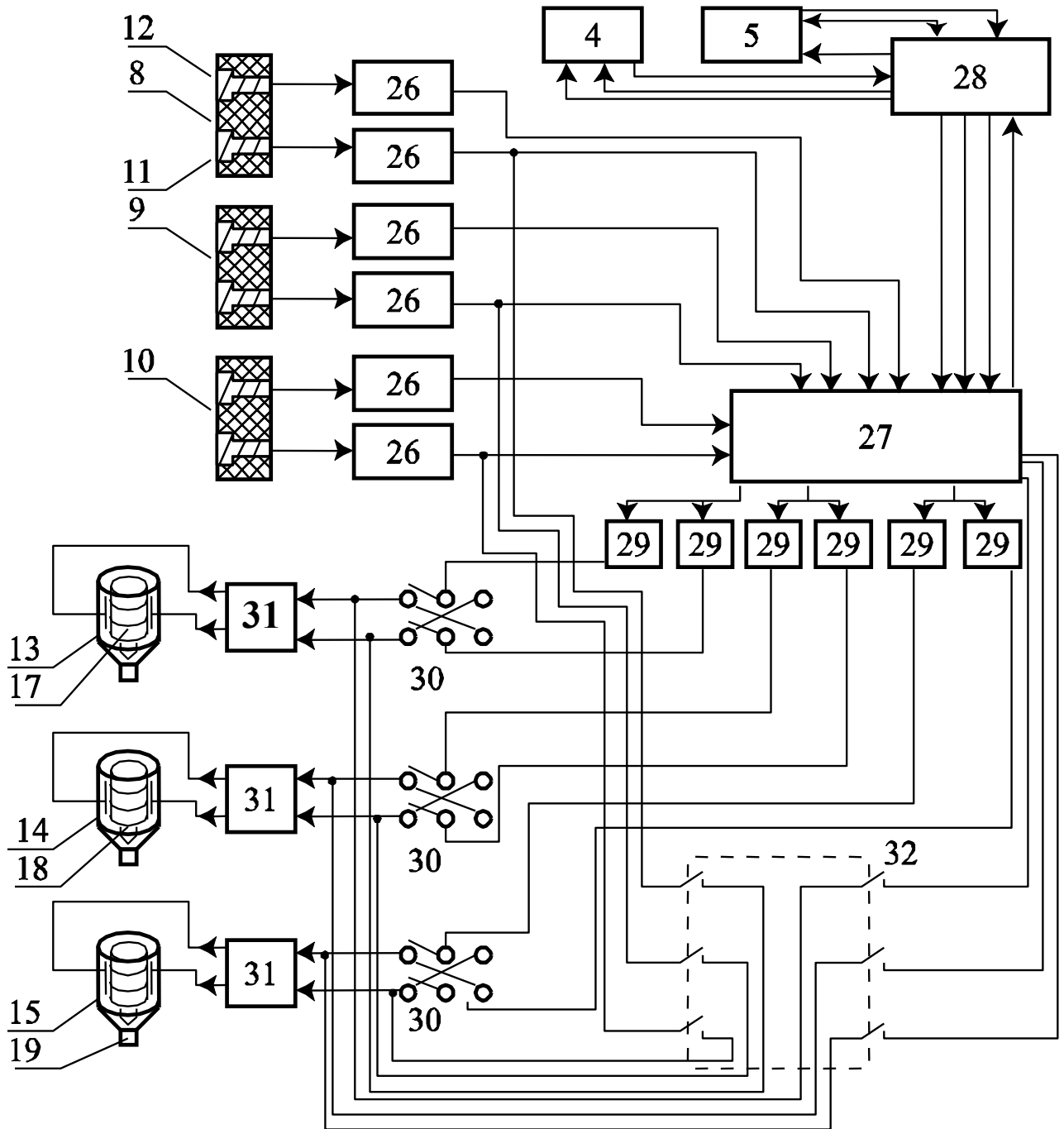


Рис. 1. Функціональна схема пристрою стабілізації положення рухомого вузла прецизійної аеростатичної напрямної

рування, зокрема – сигналів початку й кінця m -го кроку мікропереміщення рухомого вузла.

Операційні підсилювачі 29 забезпечують формування сигналів керування на аеростатичні регулятори в процесі підготовки напрямної до роботи.

Перемикачі 30 *більше-вимк.-менше* слугують для зміни полярності сигналів керування на входах диференціальних підсилювачів 31, що надходять із операційних підсилювачів. У положенні перемикача *більше* надходження сигналу керування на регулятор положення рухомого вузла спричинює підвищення тиску на його виході, а в положенні *менше* – зниження тиску. У положенні перемикача *вимк.* операційні підсилювачі відключаються від входів диференціальних підсилювачів, які змінюють піднімальну силу регуляторів тиску залежно від знака й величини сигналу неузгодженості на їхніх входах, що визначаються напрямком і величиною відхилення поточних величин зазорів від відповідних величин опорних зазорів.

Перемикачі 32 *робота-вимк.* у положенні *робота* підключають напруги опорних зазорів із виходу цифрового блока й напруги з вихо-

дів вимірників величин зазорів під першими датчиками C_1^1, C_1^2, C_1^3 блоків датчиків до входів диференціальних підсилювачів.

Для розширення діапазону навантажень, що сприймаються аеростатичною напрямною без зміщення рухомого вузла, на цьому вузлі можуть установлюватися групи паралельно підключених регуляторів положення.

Робота пристрою стабілізації розглядається як припущення, що основи датчиків величин зазорів установлені в одну площину або центри їхніх основ розміщені на паралельні прямі, а в початковому положенні рухомого вузла йому задано незбурене положення щодо базової площини. У цьому випадку робота пристрою включає такі основні етапи:

- *формування масиву опорних зазорів.* Рухомий вузол з вихідного положення переміщується на дискрету стабілізації l . Для цього у пристрої керування переміщенням установлюється величина кроку мікропереміщення рухомого вузла штовхачем прямого ходу (рис. 2), і пристрій переводиться в режим безперервного переміщення [1]. У цифровий блок вводиться величина дискрети стабілізації l і виконується пуск підпрограми *Переміщен-*

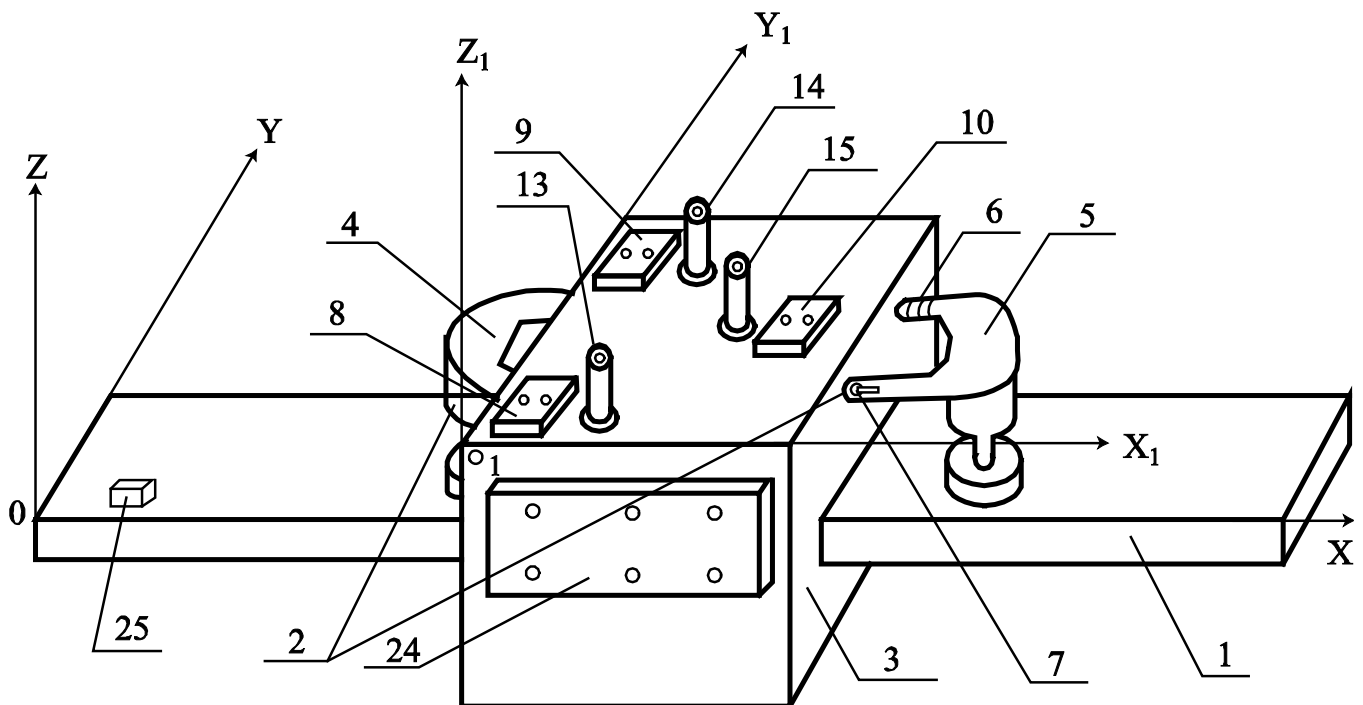


Рис. 2. Загальний вигляд прецизійної аеростатичної напрямної

ня рухомого вузла. Рухомий вузол переміщається з вихідного положення з установленою величиною кроку мікропереміщення.

На кожному j -му кроці мікропереміщення рухомого вузла з пристроєм керування переміщенням у цифровий блок надходять: сигнал початку U_n j -го кроку мікропереміщення рухомого вузла; сигнал кінця U_k j -го кроку мікропереміщення рухомого вузла; напруга з виходу вимірника величини зазору під датчиком величини зазору п'єзоелектричного двигуна.

Відповідно до алгоритму підпрограми *Переміщення рухомого вузла* за сигналами U_n і U_k обчислювач опитує вимірник величини кроку мікропереміщення. Обчислюється величина j -го кроку мікропереміщення:

$$m(j) = Z_k(j) - Z_n(j),$$

де Z_k і Z_n – кінцева й початкова величини зазору під датчиком величини кроку мікропереміщення.

Обчислюється величина $l(j)$ переміщення рухомого вузла за j кроків мікропереміщень

$$l(j) = \hat{X}_1(j-1) + m(j)$$

і виконується оцінка величини переміщення рухомого вузла за j кроків дискретним лінійним фільтром Калмана. Обчислюється різниця між величиною дискрети стабілізації l і оцінкою $\hat{X}_1(j)$ поточного значення величини переміщення рухомого вузла за j кроків

$$\Delta l = l - \hat{X}_1(j)$$

Перевіряється виконання нерівності $0 \leq \Delta l \leq m$. Якщо ця нерівність не виконується, то здійснюється чергове переміщення рухомого вузла на крок m . У протилежному випадку цифровий блок видає в пристрій керування переміщенням сигнал зупинки. У пристрої керування переміщенням установлюється

величина чергового кроку мікропереміщення $m(j+1) = \Delta l$, і в режимі крокового переміщення рухомий вузол переміщається на Δl . Рухомий вузол буде встановлено на першу дискрету стабілізації;

- на першій дискреті стабілізації під другими датчиками блоків датчиків установлюються величини зазорів $Z_2^1(l)$, $Z_2^2(l)$, $Z_2^3(l)$, рівні величинам опорних зазорів $Z_{\text{лон}}^1(0)$, $Z_{\text{лон}}^2(0)$, $Z_{\text{лон}}^3(0)$. Рухомий вузол займе незбурене положення щодо базової площини. Вимірюються величини зазорів під першими датчиками блоків датчика й запам'ятовуються як опорні $Z_{\text{лон}}^1(l)$, $Z_{\text{лон}}^2(l)$, $Z_{\text{лон}}^3(l)$ для установки рухомого вузла в незбурене положення на другій дискреті стабілізації. Виконується пуск підпрограми *Запис опорних зазорів*. У результаті в масив опорних зазорів будуть записані опорні зазори для стабілізації рухомого вузла на другій дискреті стабілізації;

- пункти 1 і 2 послідовно виконуються на дискретах $2l$, $3l$, ..., jl до переміщення рухомого вузла на відстань $jl = L$. У пам'яті цифрового блоку буде сформовано масив опорних зазорів;

- стабілізація положення рухомого вузла щодо базової площини. Пристрій стабілізації положення рухомого вузла працює в такий спосіб. Рухомий вузол установлюється у вихідне для переміщення положення. Перемикачі *більше-вимк.-менше* встановлюються в положення *вимк.* Виходи операційних підсилювачів (дивись рис. 1) відключаються від входів диференціальних підсилювачів. Перемикач *робота-вимк.* установлюється в положення *робота*. Вимірники величин зазорів під першими датчиками блоків датчиків підключаються до других входів диференціальних підсилювачів, а виходи напруг опорних зазорів цифрового блоку підключаються до перших входів цих підсилювачів. У цифровий блок вводиться величина кроку m мікропереміщення і величина L переміщення рухомого елемента. Виконується пуск підпро-

грами *Стабілізація*. Відповідно до алгоритму підпрограми коди величин опорних зазорів $Z_{1\text{оп}}^1(0)$, $Z_{1\text{оп}}^2(0)$, $Z_{1\text{оп}}^3(0)$ зчитуються з масиву опорних зазорів, перетворюються в напруги опорних зазорів і через перемикачі 32 надходять на перші входи диференціальних підсилювачів. За сигналами перших датчиків блоків датчиків на другі входи диференціальних підсилювачів надходять напруги вимірників величин зазорів. Якщо зазори під першими датчиками блоків датчиків не рівні відповідним опорним зазорам, то на виходах диференціальних підсилювачів виникають різниці потенціалів, знаки й величини яких визначаються напрямом і величиною відхилення величини зазору під відповідним першим датчиком від величини опорного зазору. У результаті регулятори положення у вихідному для переміщення положенні встановлять рухомий вузол у незбурене положення.

Пристрій керування переміщенням рухомого вузла [2; 3] переводиться в режим безперервного переміщення рухомого вузла із установленим кроком мікропереміщення. На кожному j -му кроці мікропереміщення з пристрою керування переміщенням у цифровий блок надходять сигнали U_n і U_k кроку мікропереміщення й вихідна напруга вимірника кроку переміщення. Обчислюється величина j -го кроку $m(j)$ і величина результуючого переміщення $X_1(j)$ за j кроків мікропереміщень, що оцінюється фільтром Калмана. Обчислюється різниця

$$\Delta l = L - \hat{X}_1(j),$$

Якщо $\Delta l \geq m$, то рухомий вузол переміщується на черговий крок мікропереміщення. Якщо на j -му кроці $0 \leq \Delta l \leq m$, то з масиву опорних зазорів зчитуються коди величин опорних зазорів $Z_{1\text{оп}}^1(j+1)$; $Z_{1\text{оп}}^2(j+1)$; $Z_{1\text{оп}}^3(j+1)$ для чергової дискрети стабілізації, перетворюються в напруги опорних зазорів і надходять на входи диференціальних під-

силювачів. У результаті під першими датчиками блоків датчиків будуть утримуватися величини зазорів, рівні опорним зазорам для цієї дискрети стабілізації.

Наведені вище дії виконуються на кожній дискреті стабілізації до переміщення рухомого вузла на задану відстань L . Точність стабілізації визначається неплоскістю поверхні основи напрямної, величиною дискрети стабілізації, точністю виміру й оцінки величин зазорів.

Розрахунок піднімальної сили плоскої аеростатичної опори рухомого вузла прецизійної аеростатичної напрямної. Аналіз відомих способів наддування й результати експериментальних досліджень [3] дають змогу застосувати під час конструювання плоских аеростатичних опор аеростатичних напрямних секційну систему наддування з мікроканалками.

На рис. 3 зображено плоску аеростатичну опору, яка утворена площиною основи аеростатичної напрямної і верхньою стінкою рухомого вузла.

Кутова жорсткість опори забезпечується чотирма секціями. Ширина кожної секції має бути не менше 30 мм, довжина – не більше 500 мм. Секції розділені дренажними канавками 1. У кожній секції передбачені жиклери 2 для подачі стисненого повітря й розподільні канали для його розведення по площі секції. Останні виконано у вигляді мікроканалок 3; 4; 5, які сполучені з отворами наддування.

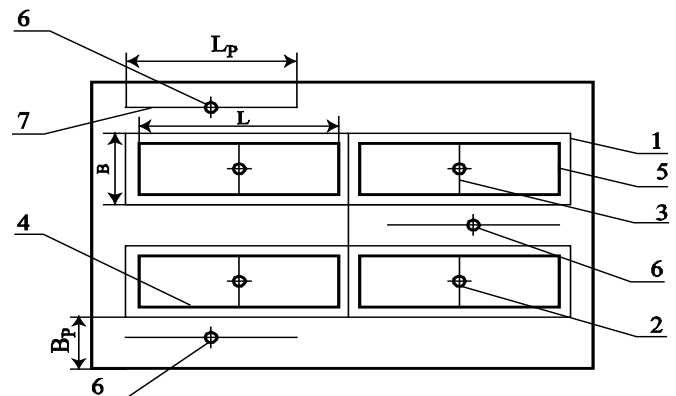


Рис. 3. Плоска аеростатична опора з секційною системою наддування і аеростатичними регуляторами положення рухомого вузла

Мікроканавки з поверхнею основи напрямної утворюють капілярні канали, повітря з області високого тиску проходить послідовно три опори: жиклери подачі газу; мікроканавки; зазор між опорною і рухомою частинами опори, після цього – виходить у навколишнє середовище. Жиклери наддування найчастіше виконуються в середині секції, але для підвищення кутової жорсткості вони можуть бути зміщені до країв секції, ближче до торців рухомого вузла.

Дренажні канали запобігають перетіканню повітря з однієї секції в іншу, що гарантує кутову жорсткість опори. Стиснене повітря проходить через жиклери й поширюється по мікроканавках. При цьому утворюється повітряний шар, що роз'єднує сполучені поверхні основи й рухомого вузла.

У зоні зазору, обмеженої мікроканавками, створюється підвищений тиск. За межами мікроканавок він плавно знижується до тиску навколишнього середовища. Відстань від мікроканавки до краю напрямної має бути не менше 15 мм, за меншої – витрати повітря різко зростають.

Основними параметрами аеростатичної опори є її вантажопідйомність і жорсткість газового шару. Остання має бути якомога більшою, щоб зміна зазору при змінному навантаженні була мінімальною.

У разі заданих тиску наддування p_s , площі опори й товщини мастильного шару вантажопідйомність пропорційна тиску p_d на виході жиклера. При збільшенні p_d зростає піднімальна сила. Жорсткість при цьому спочатку зростає, а надалі починає зменшуватися. Оптимальним є співвідношення $p_d/p_s = 2/3$, яке досягається підбором площі поперечного перерізу підвідного каналу жиклера.

Рівномірний розподіл стисненого повітря по мастильному зазору за допомогою мікроканавок досягається, коли перетин мікроканавок обрано таким, щоб їхній об'єм був приблизно в п'ятеро менше об'єму, утвореного площею опори й висотою зазору. Прийнятна глибина

мікроканавок: 3 – 0,8 мм; 4 – 0,6 мм; 5 – 0,5 мм, а їхній поперечний переріз – рівносторонній трикутник.

Жиклери 6 аеростатичних регуляторів положення рухомого вузла відрізняються від жиклерів 2 більшою площею прохідного перерізу підвідного каналу і не створюють перепаду тиску на виході жиклера. Для цих жиклерів $p_d/p_s = 1$. Тиск на їхніх виходах змінюється в діапазоні $0,528 \leq p_d/p_s \leq 1$. Мікроканавка 7 змінює піднімальну силу аеростатичної опори. Аеростатична напрямна в межах зміни її піднімальної сили сприймає навантаження без зміщення рухомого вузла і є абсолютно жорсткою.

Метод розрахунку плоских аеростатичних опор з мікроканавками заснований на таких припущеннях:

- розподіл тиску в усіх опорних елементах мікроканавки (рис. 4), що живляться одним отвором, однаковий;
- напрямок потоку мастила в зазорі перпендикулярний мікроканавці.

З такими припущеннями зміну тиску в зазорі можна описати формулою для плоскопаралельного поступального потоку:

$$p^2 = -(p_k^2 - p_a^2) \frac{2Y}{B} + p_k^2 \quad (1)$$

де p_k – тиск у мікроканавці;

p_a – атмосферний тиск;

B – ширина опори. Причому тиск p_k у мікроканавці є змінним, залежним від X .

Для визначення тиску в мікроканавці використовується умова балансу витрати мастила через елемент мікроканавки довжиною dX . Його одержують прирівнюванням маси витрати газу, що входить в елемент,

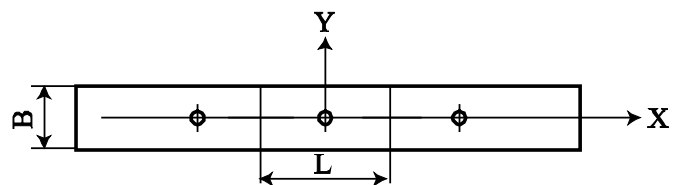


Рис. 4. До розрахунку розподілу тиску газу в мікроканавці

$$M_{k,X} = -\frac{\sqrt{3} t^4 O_a}{360 \mu p_k} \cdot \frac{dp_k}{dX}$$

до вихідної маси з елемента вздовж мікроканавки

$$M_{k,X+dX} = -\frac{\sqrt{3} t^4 O_a}{360 \mu p_a} \cdot \left(\frac{dp_k}{dX} + \frac{d^2 p_k^2}{dX^2} dX \right)$$

і перпендикулярно їй у зазор

$$M_Y = -2 \frac{h^3 O_a}{24 \mu p_a} \cdot \frac{dp^2}{dY} dX \sqrt{2}.$$

Тоді умова балансу витрати мастила має вигляд:

$$\frac{d^2 p_k^2}{dX^2} - \frac{60 h^3}{\sqrt{3} B t^4} (p_k^2 - p_a^2) = 0. \quad (2)$$

Переходячи у виразах (1) і (2) до безрозмірних змінних за формулами $\bar{P} = p / p_a$, $X = 2X / B$, $Y = 2Y / B$, одержують:

$$\bar{P}^2 = -(\bar{P}_k^2 - 1) Y + \bar{P}_k^2, \quad \frac{d^2 \bar{P}_k^2}{dX^2} - \frac{2}{K} \bar{P}_k^2 = -\frac{2}{K}, \quad (3)$$

де $K = t^4 / (2 / 5 \sqrt{3} B h^3)$ – безрозмірний параметр мікроканавки;

$\bar{P}_k = p_k / p_a$ – відносний тиск у мікроканавці;

t – глибина мікроканавки з профілем правильного трикутника;

h – товщина зазору.

Загальне рішення цього рівняння має вигляд:

$$\bar{P}_k^2 = 1 + C e^{\sqrt{\frac{2}{K}} X} + D e^{-\sqrt{\frac{2}{K}} X}.$$

Коефіцієнти C і D визначаються з граничних умов:

1) при $X = 0$ $\bar{P}_k = \bar{P}_d$;

2) при $X = L / B = \lambda$, $d\bar{P}_k / dX = 0$, з яких друге виражає відсутність витрати газу в мікроканавці посередині між отворами; $\lambda = L / B$ – відносна довжина опорного еле-

мента, p і $\bar{P}_d = p_d / p_a$ – тиск і відносний тиск у точці наддування.

Після визначення C і D

$$\bar{P}_k^2 = 1 + (\bar{P}_d^2 - 1) \frac{ch \sqrt{\frac{2}{K}} (X - \lambda)}{ch \sqrt{\frac{2}{K}} \lambda}. \quad (4)$$

Підставивши (4) у перше рівняння (3), одержують розподіл тиску в одній секції плоскої аеростатичної опори для даної величини відносного тиску \bar{P}_d у точці наддування й параметра мікроканавки K . Піднімальну силу секції опори обчислюють як інтеграл від тиску по її площі.

Розподіл тиску в плоскій опорі аеростатичного регулятора з розмірами B_p і L_p (дивись рис. 3) знаходять для значення $p_d = p_s$ (за тиску на виході жиклера підвідного каналу, рівного тиску наддування). Піднімальну силу аеростатичного регулятора також обчислюють як інтеграл від тиску по площі регулятора зі сторонами B_p і L_p . Значення відносного тиску \bar{P}_d у точці наддування отримують із умови балансу витрати газу через жиклер

$$M = \alpha M_{kp} \theta (p_d / p_s)$$

і через мікроканавку в обидва боки від нього:

$$\begin{aligned} 2M_k &= -2 \frac{\sqrt{3} t^4 O_a}{360 \mu p_a} \cdot \frac{dp_k^2}{dX} \text{ при } X = 0 = \\ &= \frac{\sqrt{3} t^4 p_a O_a}{90 \mu B} \sqrt{\frac{2}{K}} th \sqrt{\frac{2}{K}} \lambda (\bar{P}_d^2 - 1) \end{aligned}$$

або

$$1 + m \bar{P}_s \theta (p_d / p_s) U_d = \bar{P}_d,$$

де

$$U_d = \frac{1}{2K \sqrt{\frac{2}{K}} th \left(\sqrt{\frac{2}{K}} \right) \lambda};$$

$$\bar{P}_d = p_d / p_s; \quad \theta(\bar{P}_d) = \sqrt{\bar{P}_d - \bar{P}_d^2};$$

$$m = \frac{24\alpha\mu M_{kp}}{\sqrt{O_a O_s} h^3} - \text{коефіцієнт режиму};$$

$$M_{kp} = \left(\frac{2}{\chi + 1} \right)^{\frac{\chi + 1}{2(\chi - 1)}} \sqrt{\chi p_s O_s} \sigma - \text{критична ма-}$$

сова витрата газу через жиклер подачі газу; $\sigma = \pi d^2 / 4$ – ефективна площа витікання підвідного каналу жиклера; d – діаметр підвідного каналу жиклера; O_s, O_a – густина навколишнього середовища й підвідного газу; χ – показник адіабати; α – коефіцієнт витікання; μ – динамічна в'язкість.

Принцип формування лінійної траєкторії рухомого елемента напрямної. Напрямна для лінійного переміщення інструмента прецизійного верстата [4] може використовуватися в прецизійних верстатах для кінцевої обробки тіл обертання, наприклад, внутрішньої поверхні циліндрів. Напрямна може використовуватися також у спеціалізованих прецизійних верстатах для точіння мікроканалов, дифракційних ґрат лазерних систем і інших прецизійних елементів оптики й механіки.

Принцип формування лінійної траєкторії рухомого елемента напрямної розглянемо на прикладі формування лінійної траєкторії рухомого елемента напрямної.

Напрямна (рис. 5) включає в себе несучу 1 і замикаючу 2 плоскі аеростатичні опори.

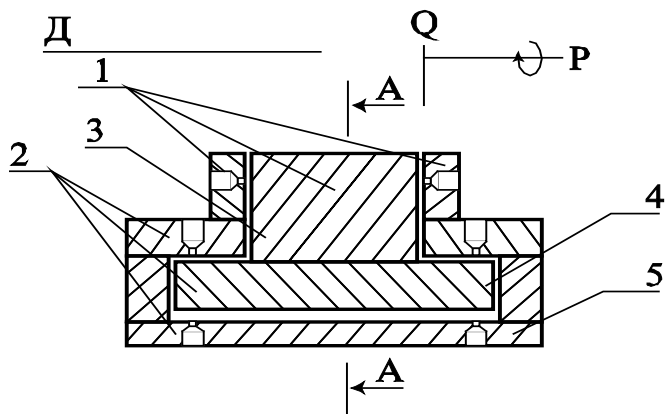


Рис. 5. Напрямна для лінійного переміщення інструмента прецизійного верстата (поперечний переріз)

Положення рухомого елемента 3 несучої опори стабілізується за способом опорних зазорів щодо нерухомої в просторі площини Q. Рухомий елемент 4 замикаючої опори жорстко зв'язаний з рухомим елементом несучої опори. Деформація поля тиску в зазорі замикаючої опори через похибки в розмірах і формі її виготовлення, вплив зовнішніх навантажень спричиняють мікрозсув рухомого елемента 4 і його мікроповороти навколо нормалі P до площини Q разом з жорстко пов'язаним із ним рухомим елементом несучої опори. У результаті переміщення рухомого елемента несучої опори виявиться нелінійним.

Рухомий елемент несучої плоскої аеростатичної опори переміщується лінійно, якщо одночасно забезпечуються:

- стабілізація рухомого елемента несучої опори щодо нерухомої в просторі площини Q;
- умови, коли точки рухомого елемента замикаючої опори, що лежать на прямій M (рис. 6), яка проходить через середину його нижньої площини, переміщуються по прямих, паралельних площині D, що перпендикулярна площині Q і паралельна площині основи 5 замикаючої опори.

Друга умова лінійності переміщення рухомого елемента несучої опори також може бути реалізована на основі способу опорних зазорів. Нехай у основи 5 замикаючої опори 9 (дивись рис. 6) у перетині по А-А (дивись рис. 5) установлені перший 6 і другий 7 блоки датчиків положення рухомого елемента замикаючої опори, у кожному з яких установлені датчики C_1^1, C_2^1 і C_1^2, C_2^2 величин зазорів відповідно. Центри основ цих датчиків перебувають на прямій N (дивись рис. 6), що лежить в одній площині з прямою M, а ця площина проходить через осі симетрії датчиків C_1^1, C_2^1 і C_1^2, C_2^2 .

У безпосередній близькості від блоків датчиків установлені електрично зв'язані з ними п'єзоелектричні регулятори 8 і 9 лінійності переміщення рухомого елемента замикаючої опори, по роликах 10 яких пере-

міщається рухомий елемент.

Унаслідок подачі відповідних сигналів керування на регулятори лінійності переміщення здійснюється переміщення точок B і F (рис. 7) по прямих m і n , паралельних прямій N .

Нехай рухомий елемент встановлено в початкове положення.

Відстань між центрами основ датчиків блоків датчиків дорівнює l . Отже, дискрета керування положенням рухомого елемента замикаючої опори також дорівнює l . У початковому положенні рухомого елемента вимірюються й запам'ятовуються як опорні $Z_{1on}^1(0)$ і $Z_{1on}^2(0)$ зазори під першими датчиками C_1^1 і C_1^2 блоків датчиків. Рухомий елемент переміщається на дискрету керування l . Подачею сигналів керування на регулятори лінійності під другими датчиками C_2^1 і C_2^2 встановлюються величини зазорів $Z_2^1(1)$ і $Z_2^2(1)$, рівні величинам опорних зазорів

$$Z_2^1(1) = Z_{1on}^1(0), \quad Z_2^2(1) = Z_{1on}^2(0). \quad (5)$$

Після переміщення рухомого елемента на першу дискрету l і виконання установок (5) точки B і F , B_1 і F_1 будуть встановлені на прямих m і n , m_1 і n_1 , паралельні прямій N (дивись рис. 7), що проходить через центри основ датчиків C_1^1 , C_2^1 і C_1^2 , C_2^2 . Нехтуючи нелінійністю переміщення точок B і F , B_1 і F_1 по довжині дискрети керування l , можна вважати, що ці точки на відстань l перемістилися по прямих m і n , m_1 і n_1 . Після установки рухомого елемента замикаючої опори в положення, що задовольняє (5), вимірюються величини зазорів $Z_1^1(1)$ і $Z_1^2(1)$ і запам'ятовуються як опорні $Z_{1on}^1(1)$, $Z_{1on}^2(1)$ для установки точок B і F , B_1 і F_1 на прямих m і n , m_1 і n_1 .

Цей процес повторюється на кожній j -й дискреті переміщення рухомого елемента ($j = 1, 2, 3, \dots, J = L/l$), де L – задана величина переміщення рухомого елемента. У результаті одержують множину величин опорних зазорів

$$[Z_{1on}^1(0), Z_{1on}^2(0)],$$

$$[Z_{1on}^1(1), Z_{1on}^2(1)], \dots, [Z_{1on}^1(J), Z_{1on}^2(J)],$$

що забезпечують переміщення точок B і F , B_1 і F_1 по прямих m і n , m_1 і n_1 , паралельних прямій N .

Переміщення точок B і F , B_1 і F_1 рухомого елемента замикаючої опори по прямих m і n , m_1 і n_1 з одночасною стабілізацією положення рухомого елемента несучої опори на цих же дискретах стабілізації щодо площини Q забезпечує лінійне переміщення інструмента верстата.

Висновки

У цій роботі запропоновано конструкцію пристрою стабілізації положення рухомого вузла прецизійної аеростатичної напрямної з інформаційним керуванням; розроблено аналітичний метод розрахунку піднімальної сили плоскої аеростатичної опори прецизійної

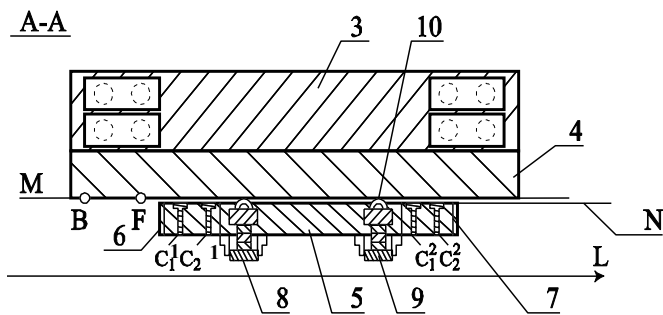


Рис. 6. Напрямна для лінійного переміщення інструмента прецизійного верстата (поздовжній перетин)

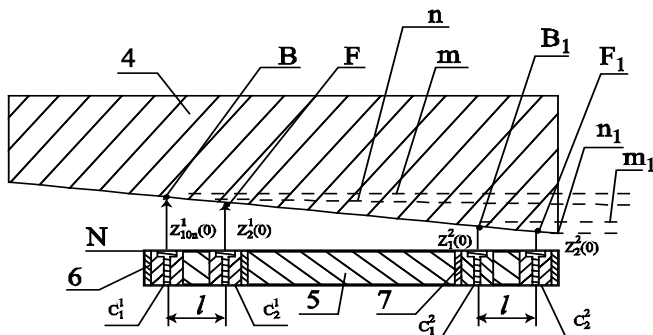


Рис. 7. Формування лінійної траєкторії переміщення рухомого елемента напрямної за способом опорних зазорів

аеростатичної напрямної, а також принцип формування лінійної траєкторії рухомого елемента для переміщення робочого інструмента з використанням інформаційних технологій в аеростатичних опорах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Тарасов В.О.* Системний синтез аеростатичних напрямних прецизійних верстатів / *В.О. Тарасов, Т.М. На-*

заренко, Л.О. Злочевська // Науково-технічна інформація. – 2015. – № 2. – С. 66–82.

2. Пат. 36957 А. Україна, МПК (2006): H02N 2/00 П'єзоелектричний двигун / *Зиненко В.Н., Шепелев А.А.* – № 2000021209; заявл. 29.02.2000; опубл. 16.04.2001, Бюл. № 3/2001.

3. *Шейнберг С.А.* Опоры скольжения с газовой смазкой. – М.: Машиностроение, 1979. – 328 с.

4. Пат. 14904 А Україна, МПК В23В 19/00. Пристрій для лінійних переміщень / *Зиненко В.Н., Шепелев А.А.* – № 96062326; заявл. 12.06.1996; опубл. 04.03.1997.



Радіофізика

ДІЕЛЕКТРОМЕТР МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АВТЕНТИЧНОСТІ СТОЛОВИХ ВИН І СОКІВ

Призначення – розв'язання проблеми визначення натуральності (автентичності) виноградних вин і соків за допомогою вимірювання комплексної діелектричної проникності (КДП) рідин у міліметровому діапазоні довжин хвиль, в яких спостерігається максимальна частотна дисперсія для води (основна складова вина і соку).

Галузь застосування – виробництво. Використовується для виявлення контрафактної продукції, пов'язаної з додаванням води, тому новий прилад може застосовуватися для високоточного експрес-контролю концентрації її у вині й фруктових соках.

Опис. Ідея запропонованої технології полягає у використанні залежності фізичного показника – діелектричної проникності вина чи соку від концентрації низки речовин (складових) вина чи соку. Так, було встановлено, що зниження концентрації переважної більшості речовин спричинює зниження його діелектричної проникності в мікрохвильовому діапазоні, створюючи передумови для визначення малих додатків води у вині чи соку. Винайдено новий спосіб вимірювання

ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГІЙ

діелектричної проникності сильно поглинаючих рідин. Він базується на новому електродинамічному принципі побудови вимірювальної комірки і дає високу диференційну чутливість (відносна різниця діелектричної проникності двох рідин, яка може бути виявлена приладом, не перебільшує 0,1%).

Технологія виявлення навіть мінімальної кількості доданої води у вина і соки, яка пропонується, належить до класу інструментальних фізико-хімічних методів, а тому є об'єктивною.

За допомогою вимірювального пристрою можна обчислити абсолютні значення КДП (комплексна діелектрична проникність) рідини, яка досліджується, з характеристичного рівняння розповсюдження хвилі у діелектричному стрижні, який міститься в рідині, за вимірними значеннями згасання і різниці фаз хвиль у комірках пристрою, якщо відома КДП еталонної рідини. Діелектрометр може використовуватись для експрес-діагностики автентичності виноградних вин і соків.

Технічні характеристики

Висока диференційна чутливість у діапазоні частот (відносна різниця діелектричної проникності двох сильно поглинаючих рідин, що може бути виявлена приладом) не перебільшує 0,1%, що дорівнює декільком