CORE
Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
Provided by Electronic Archive of Kyiv Polytechnic Institute

НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

УДК 528.541.4(088.8)

СТАБІЛІЗАТОР ВЕРТИКАЛЬНОГО НАПРЯМКУ ВІЗИРНОЇ ЛІНІЇ

Гераймчук М.Д., Сафарян В.А., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Стаття присвячена рідинному стабілізатору підвісного типу, який був використаний у приладів вертикального проектування координат. Розглянуті недоліки рідинних стабілізаторів та шляхи їхнього усунення

Вступ. Постановка задачі

Всі сучасні високоточні геодезичні прилади забезпечуються компенсаторами-стабілізаторами для збереження стабільності положення візирної лінії в процесі виміру. По своїй конструкції, стабілізатори підрозділяються на оптичні з підвішеними дзеркалами, призмами і лінзами та рідинні.

Найбільше поширення серед рідинних, одержали стабілізатори засновані на використанні переломлення світлових променів рідинним клином. Простота конструкції, висока чутливість, адекватність відгуку на вплив збурюючих факторів дозволяють довести похибку самовстановлення лінії візування у середньому від 3 до 10″ при нахилі корпуса приладу на ±10′. Однак рідинні стабілізатори мають і свої недоліки, що не дозволяють знайти широке застосування [1]:

- це підвищена чутливість до вібрацій і коливань, що викликають коливання відкритої поверхні рідини в ємності;
- на точність компенсації впливають явища капілярності, а тому рідина повинна мати визначену в'язкість, а ємність визначені габарити;
- це хроматична аберація, внесена рідинним клином, що погіршує якість зображення;
- у застосовуваних стабілізаторах виникає задача захисту верхнього скла ємності від улучення рідини, для захисту скла використовують спеціальні захисні гідрофобні покриття, що погіршують світлопропущення оптичної системи приладу;
- для точної компенсації необхідно мати рідину, показник переломлення якої строго повинний дорівнювати n=1.5000 і не мінятися в робочому діапазоні температур.

Основними задачами дійсної роботи є усунення вищевикладених недоліків і підвищення точності стабілізації.

Рішення поставленої задачі

В статті розглядається експериментальний зразок приладу вертикального проектування координат точок ЛаСК-1 з рідинним стабілізатором підвісного типу який дозволяє зменшити, а в деяких випадках виключити вплив вищезгаданих недоліків. Це у свою чергу підвищує точність стабілізації і передачі координат по вертикалі.

Загальний вид приладу (лазерний варіант) показаний на рис.1, на рис.2, представлена схема розробленого стабілізатора [2].

Рисунок 1 – Загальний вид приладу ЛаСК-1

Стабілізатор приладу виконаний у виді підвісної ємності і у відмінності від існуючих систем подібного класу, оптично прозора рідина в ньому призначена для утворення гнучкого клина між двома плоскопаралельними скляними пластинами. Стабілізатор складається з корпуса 1, жорстко зв'язаного з оптичною системою зорової труби 2 .

Усередині корпуса над оптичною системою, на сталевих, нерозтяжних, схрещених нитках 3 підвішена ємність 4, частково заповнена оптично прозорою рідиною 5 яка має підставу у виді плоскопаралельної пластини 6. К корпусу до візирного вікна 7 примикає порожній циліндр 8, нижній торець якого закритий плоскопаралельною оптично прозорою пластиною 9, частково занурену у рідину 5 і контактує з нею. Корпус приладу і підвісна ємність виконані з алюмінію, нитки підвісу сталеві товщиною (0.03-0.05) мм. Для регулювання центра ваги підвісної ємности з рідиною, використано бронзове кільце 10, яка має можливість зміщатися відносно верхньої бази ***c*** підвіски.

У якості рідини був використаний дібутилфталат ($C_{16}H_{22}O_4$), показник переломлення якої дорівнює n=1.4940 при температурі 20^0C, а в'язкість 16.2 сП.

Стабілізатор працює наступним чином. При нахилі корпуса приладу 1 на невеликий кут $\varepsilon = \pm 10'$ плоскопаралельні пластини 6 і 9 разом з оптично прозорою рідиною 5 створюють оптичний клин $\theta = 2\varepsilon$ який відхиляє спрямований нагору візирний промінь у протилежну до нахилу приладу сторону. Рідинний клин дозволяє зберегти вертикальний напрямок візирної лінії в просторі для двох-координатного стабілізатора і в одній площині для одно-координатного стабілізатора, якщо цей напрямок попередньо було встановлено.

Циліндрична порожнина, торець якої закритий плоскопаралельною скляною пластиною, частково зануреною в оптично прозору рідину, виключає вплив таких факторів, як вібрації і коливання відкритої поверхні рідини, а також явище капілярності. Вона одночасно грає роль демпфера. Таке сполучення елементів

конструкції стабілізатора дозволило, зменшити тривалість вільних коливань судини з рідиною до 1-2 секунд, підвищити точність стабілізації та поліпшити якість оптичного зображення.

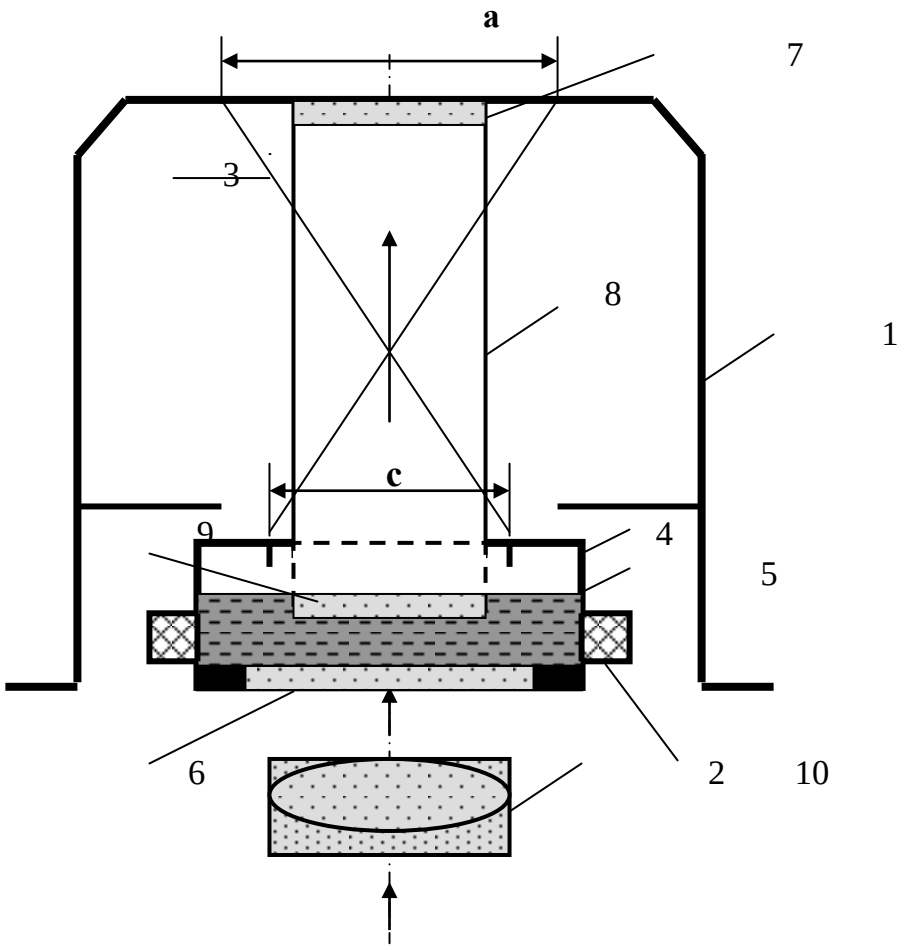


Рисунок 2 – Схема рідинного стабілізатора підвісного типу

Основним параметром, що впливає на похибку компенсації в рідинних стабілізаторах є показник переломлення рідини, що відповідно до основної умови компенсації повинний відповідати розрахунковій величині ***n***=1.5000. Але практично складно знайти рідину показник переломлення якої в 4-ому знаці відповідав би цьому значенню і не змінювався в широкому діапазоні робочих температур (- 20°С ÷ +40°С), і до того мала задану в'язкість.

На практиці, використовуються рідини показники переломлення яких відрізняються від розрахункової в третьому чи в кращому випадку в четвертому знаку, наприклад дібутилфталат (n = 1.4940), дібутилфталат з діметилфталатом (n = 1.5004), діетилфенилксилан (n = 1.5006) і тому похибки компенсації при нахилі корпуса на ±10′ може скласти від декількох до десятка кутових секунд.

З законів фізики відомо, що величина зміни показника переломлення рідини від її температури має зворотну залежність. Ця величина в середньому складає Δn_t = 0.0006 на 1°С [3], тобто навіть при наближенні показника переломлення рідини розрахунковому значенню, вплив температури навколишнього середовища на оптичний показник переломлення застосовуваної рідини буде істотним і може

досягти декількох десятків кутових секунд, що для сучасних вимог до стабілізаторів є несприятливим.

Конструкція стабілізатора виключає, як вплив температури навколишнього середовища на показник переломлення рідини, так і вплив величини невідповідності показника переломлення розрахунковому значенню. Це визначається розмірами баз підвіски ***a*** і ***c,*** положенням кільця відносно бази ***c*** (див. рис. 2) і установлюються з урахуванням величини показника переломлення рідини в ємності ***n***. Для їх точної установки, необхідно визначити функціональну залежність розмірів верхньої ***a*** і нижньої **c** бази підвісу з показником переломлення рідини ***n*.**

Взаємозв'язок розмірів верхньої і нижньої бази підвіски з показником переломлення рідини визначається з теорії підвісних і рідинних стабілізаторів [3]. Стабілізація характеризується коефіцієнтом механічної компенсації $K_м = a/c$. Основною умовою стабілізації є $\alpha = K_м(n–1)\varepsilon$. Після нескладних перетворень цих формул маємо:

$$a = – \alpha \cdot c / (n–1) \cdot \varepsilon, \qquad (1)$$

де ***a*** – відстань між верхніми точками кріплення ниток;

c **–** відстань між нижніми точками кріплення ниток;

α і ε – відповідно кути нахилу візирного променя і приладу;

n – показник переломлення рідини в судині.

Повна компенсація кута нахилу приладу відбувається при $\alpha = \varepsilon$, тоді отримаємо:

$$A = - c/(n–1) , \qquad (2)$$

чи

$$c = -a \cdot (n–1). \qquad (3)$$

Отримані формули (2,3) визначають необхідний взаємозв'язок геометричних розмірів баз підвіски (***a, c***) з показником переломлення рідини ***n*** і дозволяють визначити точну відстань між точками підвісу, для відомого значення величини показника переломлення застосовуваної рідини ***n*.**

Конструктивно, більш зручно змінювати і встановлювати розмір верхньої бази підвісу ***a***, тому що, вона нерухома й у відмінності від нижньої бази ***c*** розташована на кришці корпуса, доступ до якої спрощений. Що стосується впливу температури навколишнього середовища на показник переломлення рідини, то цей вплив виключається попередньо в лабораторних умовах, дослідивши температурну характеристику показника переломлення застосовуваної рідини $n = f(t)$. Такі дослідження можна виконати, використовуючи рефрактометр ИРФ – 23. Тоді по отриманій функції $a = f(c, n, t)$ можна градуювати верхню базу підвіски по температурі і перед початком виміру, попередньо встановлюється відповідне значення довжини верхньої бази підвісу $\boldsymbol{a_t}$.

Таким чином, похибки компенсації зв'язані з показником переломлення рідини можна виключити, коректуючи їх розміром верхньої бази підвіски пропонованого пристрою.

Висновки

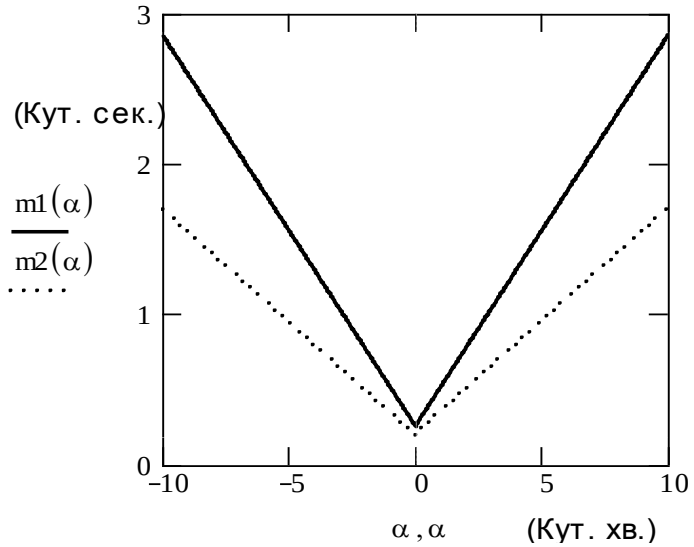
Запропонована конструкція дозволила підвищити точність компенсації, розширити коло застосовуваних рідин і зняти обмеження, зв'язані з показником переломлення рідини.

Експериментальні дослідження (рис. 3) компенсатора дозволили визначити її випадкову $\mathbf{m_k}$ і систематичну $\boldsymbol{\sigma_k}$ складову похибку ($\mathbf{m_k}$=0.19″, $\boldsymbol{\sigma_k}$=0,15″ на ±10′

нахилу приладу). Точність самоустановки візирного променя підвищилася приблизно в 1.5-2 рази, у порівнянні з компенсаторами рідинного типу що мають жорстко скріплені судини в корпусі приладу у 5-10 разів, це дозволяє підвищити точність проектування координат точок.

$$m1(\alpha) := 0.25 + 0.26 \cdot |\alpha|$$

$$m2(\alpha) := 0.19 + 0.15 \cdot |\alpha|$$



m1–звичайної підвіски; m2 – підвіски з циліндричної порожниною

Рисунок 3 – Графіки погрішності компенсації

Польові дослідження приладу дозволили визначити її відносну средньоквадратичну похибку 1/T = Мв.п./H = 1/75000 і класифікувати прилад як "Технічний". Клас приладу можна підвищити, змінивши коефіцієнт збільшення його оптичної системи з 20^x до 30^x.

Застосована схема компенсатора може бути використана при розробці датчиків кута нахилу та горизонту, що є предметом подальших досліджень.

Література

1. Ямбаев.Х.К.Спеціальні прилади для инженерно-геодезичних робіт. -М.: Надра, 1990.- 206 с.
2. Сафарян.В.А. А.С. СРСР №1508096. Стабілізатор вертикального напрямку візирної лінії.
3. Кочетов.Ф.Г. Нівеліри з компенсаторами. -М.: Надра, 1985. - 150 с..

Герасимчук М.Д., Самарян В.А. **Стабилизатор вертикального направления визирной линии.**
Статья посвещена жидкостному стабилизатору подвесного типа, который был использован в приборе вертикального проектирования координат точек. Приведены недостатки жидкостных стабилиза-торов и пути их устранения, используя для этого стабилизатор подвесного типа.

Gerasimchuk M., Safarian V. **Stabilizer of a vertical direction of an optical plumb.**
Work is devoted to the liquid stabilizer of pendant type which has been used in the device of vertical designing coordinates of points. Lacks of liquid equalisers and ways of their elimination are resulted, applying the stabilizer of pendant type.

Надійшло до редакції
20 вересня 2004 року