



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ОПТИКА ТА ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ

Методики випробування геодезичних
та знімальних приладів у польових умовах

Частина 3. Теодоліти

(ISO 17123-3:2001, IDT)

ДСТУ ISO 17123-3

Проект, перша редакція

ЗМІСТ

	с.
Національний вступ	IV
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання.....	1
3 Терміни та визначення понять	2
4 Загальні положення	2
5 Вимірювання горизонтальних напрямків.....	3
6 Вимірювання вертикальних кутів	7
Додаток А Приклад спрощеної методики випробування (горизонтальні напрямки).....	10
Додаток В Приклад детальної методики випробування (горизонтальні напрямки).....	11
Додаток С Приклад обох методик випробування (вертикальні кути).....	14

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад ISO 17123-3:2001 Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 3: Theodolites (Оптика та оптичні прилади. Методики випробування геодезичних та знімальних приладів у польових умовах. Частина 3. Теодоліти).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 63 «Загальні норми і правила державної системи забезпечення єдності вимірювань».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

— слова «ця частина 17123» замінено на «цей стандарт»;

— структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Зміст», «Національний вступ», першу сторінку та «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

— з «Передмови» до ISO 17123-3:2001 у цей «Національний вступ» узято те, що безпосередньо стосується цього стандарту;

— у розділі «Нормативні посилання» наведено «Національне пояснення», виділене в тексті рамкою.

Додатки А, В і С — довідкові.

Стандарт ISO 17123 «Оптика та оптичні прилади. Методики випробування геодезичних та знімальних приладів у польових умовах» складається з таких частин:

- Частина 1. Теорія;
- Частина 2. Нівеліри;
- Частина 3. Теодоліти;
- Частина 4. Електрооптичні далекоміри (EDM-прилади);
- Частина 5. Електронні тахеометри;
- Частина 6. Обертові лазери;
- Частина 7. Оптичні прилади вертикальної конструкції.

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Головному фонді нормативних документів.

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт установлює вимоги до методики визначання й оцінювання точності теодолітів та їхнього допоміжного устаткування під час будівельних і геодезичних вимірювань у польових умовах. Насамперед ці випробування призначено, щоб перевіряти в польових умовах придатність відповідного приладу для виконання конкретного завдання та для задоволення вимог інших стандартів. Їх не пропонують як випробування для приймання або оцінювання загальних робочих характеристик.

Цей стандарт є основою для оцінювання невизначеності вимірювання (спеціальної вимірюваної величини). Невизначеність результату вимірювання залежить від низки чинників. Вони охоплюють, зокрема, збіжність (точність), відтворюваність (збіжність протягом дня) і повну оцінку всіх можливих джерел похибок, як запропоновано Настановою ISO з вираження невизначеності вимірювання (GUM).

Ці методики випробування в польових умовах було розроблено спеціально для застосування на місці проведення вимірювання без спеціального допоміжного устаткування та призначено для мінімізації атмосферних впливів.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У наведених нижче нормативних документах зазначено положення, які через посилання в цьому тексті становлять положення стандарту. У разі датованих посилань пізніші зміни до будь-якого з цих видань або перегляд їх не застосовують. Однак учасникам угод, базованих на цьому стандарті, рекомендовано застосовувати найновіші видання нормативних документів, поданих нижче. У разі недатованих посилань треба користуватись останнім виданням наведених документів. Члени IEC та ISO впорядковують каталоги чинних міжнародних стандартів.

ISO 3534-1 Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: Probability and general statistical terms

ISO 4463-1 Measurement methods for building — Setting-out and measurement — Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria

ISO 7077 Measuring methods for building — General principles and procedures for the verification of dimensional compliance
 ISO 7078 Building construction — Procedures for setting out, measurement and surveying — Vocabulary and guidance notes
 ISO 9849 Optics and optical instruments — Geodetic and surveying instruments — Vocabulary
 ISO 17123-1 Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 1: Theory
 GUM Guide to the expression of uncertainty in measurement
 VIM International vocabulary of basic and general terms in metrology.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

ISO 3534-1 Статистика. Словник термінів та позначки. Частина 1. Терміни теорії ймовірностей і загальні статистичні терміни
 ISO 4463-1 Методи вимірювання в будівництві. Розмітка та вимірювання. Частина 1. Планування та організація, методики вимірювання, приймальні критерії
 ISO 7077 Методи вимірювання в будівництві. Загальні принципи та методики перевіряння відповідності розмірів
 ISO 7078 Конструкції будівельні. Методики розмітки, вимірювання та знімання. Словник термінів і настанови
 ISO 9849 Оптика та оптичні прилади. Геодезичні та знімальні прилади. Словник термінів
 ISO 17123-1 Оптика та оптичні прилади. Методики випробування геодезичних та знімальних приладів у польових умовах. Частина 1. Теорія
 GUM Настанова з вираження невизначеності вимірювання
 VIM міжнародний словник основних і загальних термінів у метрології.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті застосовують терміни та визначення понять, наведені в ISO 3534-1, ISO 4463-1, ISO 7077, ISO 7078, ISO 9849, ISO 17123-1, GUM та VIM.

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1 Вимоги

Важливо, щоб перед початком знімання показів оператор установив, щоб точність застосованого під час вимірювання обладнання відповідає поставленому завданню вимірювання.

Тердоліт і його допоміжне устаткування має бути встановлено та від'юстовано за методиками, зазначеними в настанові виробника, і їх потрібно використовувати зі штативами, як рекомендував виробник.

На результат цих випробувань впливають метеорологічні умови, особливо градієнт температури. Найсприятливішими умовами є хмарність і низька швидкість вітру. Особливі умови, які потрібно враховувати, можуть змінюватися залежно від поставленого завдання. Також варто враховувати фактичні погодні умови під час вимірювання і тип поверхні, над якою проводять вимірювання. Умови, вибрані для випробування, мають відповідати таким, за яких можливе фактичне виконання поставленого завдання вимірювання (див. ISO 7077 і ISO 7078).

Результати випробувань, виконаних у лабораторії, майже не зазнають атмосферних впливів, однак витрати на проведення таких випробувань дуже високі, і тому вони недоступні для більшості користувачів. Крім того, результати лабораторних випробувань набагато точніші, ніж одержані під час випробувань у польових умовах.

Оцінку похибки тердолітів виражають через експериментальний середньоквадратичний відхил (середньоквадратичну похибку) горизонтального напрямку (HZ), яку спостерігають один раз у двох лицьових положеннях телескопа, або вертикального кута (V), який спостерігають один раз у двох лицьових положеннях телескопа.

Цей стандарт описує дві різні методики випробування горизонтальних напрямків і вертикальних кутів у польових умовах, які наведено в розділах 5 і 6. Оператор повинен вибрати методику, найбільш придатну для виконання особливих вимог проекту.

4.2 Методика 1. Спрощена методика випробування

За допомогою спрощеної методики випробування оцінюють, чи перебуває точність конкретного теодоліта в межах дозволених відхилів, установлених згідно з ISO 4463-1.

Цю методику випробування зазвичай застосовують для перевіряння того, чи відповідає точність вимірювального устаткування, поєднаного з пристроєм керування, установленої вимози для виконання вимірювання.

Спрощена методика випробування ґрунтується на обмеженій кількості вимірювань, і тому обчислений середньоквадратичний відхил може лише відобразити порядок досягнення точності за звичайного застосування. Якщо потрібно точніше оцінити вимірювальний прилад і його допоміжне устаткування в польових умовах, то рекомендовано застосовувати детальну методику випробування. Статистичні випробування, засновані на спрощеній методиці, не використовують.

4.3 Методика 2. Детальна методика випробування

Детальну методику випробування застосовують для визначення найбільш можливої точності певного теодоліта і його допоміжного устаткування в польових умовах.

За допомогою детальної методики випробування визначають середньоквадратичний відхил горизонтального напрямку або вертикального кута, що спостерігають один раз в обох лицьових положеннях телескопа: $s_{\text{ISO-THEO-HZ}}$ і $s_{\text{ISO-THEO-V}}$.

Додатково цю методику можна застосовувати для визначення:

- границі похибки в разі використання теодолітів для окремої знімальної групи з одним приладом і його допоміжним устаткуванням на даний момент;
- границі похибки в разі використання одного приладу через певний час;
- границі похибки в разі використання кількох теодолітів для порівняння їхньої точності, якої може бути досягнуто в подібних польових умовах.

За допомогою статистичних випробувань визначають, чи входить отриманий експериментальний середньоквадратичний відхил s до сукупності інструментального теоретичного середньоквадратичного відхилу σ , чи належать дві випробувальні вибірки тій самій сукупності та чи дорівнює нулю колімаційна похибка вертикалі δ , чи є незмінною (див. 5.4 і 6.4).

5 ВИМІРЮВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ НАПРЯМКІВ

5.1 Конфігурація випробувального майданчика

Нерухомі марки (чотири марки для спрощеної методики випробування та п'ять марок для детальної методики випробування) установлюють приблизно в тій самій горизонтальній площині, що й прилад, на відстані від 100 м до 250 м одна від одної і по можливості на однаковій відстані рівномірно, якщо це можливо. Використовують марки, які можна легко спостерігати, наприклад пластини-марки.

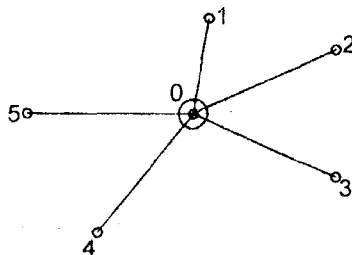


Рисунок 1 — Випробувальна конфігурація для вимірювання горизонтальних напрямків

5.2 Вимірювання

Для спрощеної методики випробування виконують $m = 1$ серій вимірювань.

Для детальної методики випробування виконують $m = 4$ серій вимірювань за різних, але не-екстремальних погодних умов.

Кожна серія вимірювань (i) має складатися з $n = 3$ наборів (j) напрямків до $t = 4$ або $t = 5$ марок (k).

Для детальної методики випробування під час установлення теодоліта для різних серій вимірювань виявляють особливу обережність у разі центрування вище точки основи. Точність, якої досягають під час центрування, виражена через експериментальний середньоквадратичний відхил, така:

- висок: від 1 мм до 2 мм (гірша за вітряної погоди);

— оптичний або лазерний висок: 0,5 мм (регулювання перевіряють відповідно до настанови виробника);

— шток-центри: 1 мм.

Примітка. Для марок на відстані 100 м невідцентрованість 2 мм може викликати ефект спостереження напрямку до 4''(1,3) мгон. Чим коротша відстань, тим більший ефект.

Має бути змога спостерігати марки в кожному наборі в лицьовому положенні I телескопа за годинниковою стрілкою та в кожному наборі в лицьовому положенні II телескопа проти годинникової стрілки. Градуїзоване коло змінюють на 60° (67 гон) після кожного устанавлення. Якщо неможливе фізичне обертання градуїзованого кола, як наприклад для електронних теодолітів, то найнижча частина теодоліта може бути повернута на трегері приблизно на 120° (133 гон).

5.3 Обчислення

5.3.1 Спрощена методика випробування

Оцінювання вимірних значень — це коригування методом найменших квадратів формул спостережень. Один напрямок позначають $x_{j,k,I}$ або $x_{j,k,II}$, індекс j — номер набору та індекс k — номер марки. Цифри I і II позначають лицьове положення телескопа.

Насамперед обчислюють середні значення відліків у двох лицьових положеннях (I і II) телескопа:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 180^\circ}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 200 \text{ гон}}{2} \right); \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4. \quad (1)$$

Результати, наведені в напрямку марки № 1:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4. \quad (2)$$

Середні значення результатів за напрямками $n = 3$ наборів марки № k обчислюють так:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k = 1, \dots, 4. \quad (3)$$

Із різниць

$$d_{j,k} = \bar{x} - x'_{j,k}; \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4 \quad (4)$$

для кожного набору вимірювань результати середнього арифметичного значення є такими:

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4}}{4}; \quad j = 1, 2, 3; \quad (5)$$

у результаті чого розходження становлять:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 4. \quad (6)$$

За винятком похибки округлення, для кожного набору має бути виконано таку умову:

$$\sum_{k=1}^4 r_{j,k} = 0; \quad j = 1, 2, 3. \quad (7)$$

Суму квадратів розходжень обчислюють так:

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k}^2. \quad (8)$$

Для $n = 3$ наборів у напрямках $t = 4$ марок кількість ступенів свободи становить:

$$v = (3 - 1) \cdot (4 - 1) = 6 \quad (9)$$

і експериментальний середньоквадратичний відхил s напрямку $x_{j,k}$, що отримують з одного набору спостереження в обох лицьових положеннях телескопа, становить:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{6}}. \quad (10)$$

5.3.2 Детальна методика випробування

Оцінювання вимірних значень — це коригування методом найменших квадратів формул спостережень. У межах i -х серій вимірювань один напрямок позначають $x_{j,k,I}$ або $x_{j,k,II}$, індекс j — номер набору та індекс k — номер марки. Цифри I і II позначають лицьове положення телескопа. Кожні з $m = 4$ серій вимірювань оцінюють окремо.

Насамперед обчислюють середні значення відліків в обох лицьових положеннях (I і II) телескопа:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 180^\circ}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 200 \text{ год}}{2} \right); \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 5 \quad (11)$$

Результати, наведені в напрямку марки № 1:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 5. \quad (12)$$

Середні значення результатів за напрямками $n = 3$ наборів марки № k обчислюють так:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k = 1, \dots, 5. \quad (13)$$

Із різниць

$$d_{j,k} = \bar{x} - x'_{j,k}; \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 5 \quad (14)$$

для кожного набору вимірювань результати середнього арифметичного значення є такими:

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4} + d_{j,5}}{5}; \quad j = 1, 2, 3; \quad (15)$$

у результаті розходження становлять:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; \quad j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 5. \quad (16)$$

За винятком похибки округлення, для кожного набору має бути виконано таку умову:

$$\sum_{k=1}^5 r_{j,k} = 0; \quad j = 1, 2, 3. \quad (17)$$

Суму квадратів розходжень i -х серій вимірювань обчислюють так:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 r_{j,k}^2. \quad (18)$$

Для $n = 3$ наборів у напрямках $t = 5$ марок кількість ступенів свободи становить:

$$v_i = (3 - 1) \cdot (5 - 1) = 8 \quad (19)$$

і експериментальний середньоквадратичний відхил s_i , напрямку $x_{j,k}$, що отримують з одного набору спостереження в обох лицьових положеннях телескопа, дійсний для i -х серій вимірювань, становить:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}. \quad (20)$$

Експериментальний середньоквадратичний відхил s горизонтального напрямку спостереження одного набору (середнє арифметичне значення відліків в обох лицьових положеннях телескопа) відповідно до цього стандарту, обчислений для всіх $m = 4$ серій вимірювань за ступенів свободи

$$v = 4 \cdot v_i = 32, \quad (21)$$

становить:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad (22)$$

$$s_{\text{ISO-THEO-HZ}} = s. \quad (23)$$

5.4 Статистичні випробування

5.4.1 Загальні положення

Статистичні випробування рекомендовано тільки для детальної методики випробування.

Для інтерпретації результатів статистичні випробування потрібно виконувати, використовуючи експериментальний середньоквадратичний відхил s спостереження в горизонтальному напрямку одного набору в обох лицьових положеннях телескопа, щоб відповісти на такі запитання:

а) Обчислений середньоквадратичний відхил s є меншим, ніж відповідне значення σ , яке установив виробник, чи меншим, ніж інше попередньо установлене значення σ ?

б) Чи належать тій самій сукупності два середньоквадратичні відхили s і \bar{s} , визначені з двох різних вибірок вимірювань, якщо припустити, що обидві вибірки мають однакову кількість ступенів свободи ν ?

Експериментальні середньоквадратичні відхили s і \bar{s} може бути отримано:

- із двох вибірок вимірювання тим самим приладом, але різними спостерігачами;
- із двох вибірок вимірювання тим самим приладом у різний час;
- із двох вибірок вимірювання різними приладами.

Для наведених нижче випробувань довірчий рівень становить $1 - \alpha = 0,95$ і, відповідно до проекту вимірювань, кількість ступенів свободи $\nu = 32$.

Таблиця 1 — Статистичні випробування

Питання	Основна гіпотеза	Альтернативна гіпотеза
а)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
б)	$\sigma = \bar{\sigma}$	$\sigma \neq \bar{\sigma}$

5.4.2 Питання а)

Основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальний середньоквадратичний відхил s спостереження в горизонтальному напрямку в обох положеннях менше або дорівнює теоретичному або попередньо установленому значенню σ , не відкидають, якщо виконано таку умову:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \tag{24}$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}} \tag{25}$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 46,19 \tag{26}$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{46,19}{32}} \tag{27}$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,20. \tag{28}$$

Інакше основну гіпотезу відкидають.

5.4.3 Питання б)

У разі двох різних вибірок випробування показує, чи належать експериментальні середньоквадратичні відхили s і \bar{s} тій самій сукупності. Відповідну основну гіпотезу $\sigma = \bar{\sigma}$ не відкидають, якщо виконано таку умову:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu) \tag{29}$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(32, 32)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{0,975}(32, 32) \tag{30}$$

$$F_{0,975}(32, 32) = 2,02 \tag{31}$$

$$0,49 \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq 2,02. \tag{32}$$

Інакше основну гіпотезу відкидають.

Ступені свободи i , отже, відповідні випробувальні значення $\chi^2_{1-\alpha/2}(\nu)$, $F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu)$ (які беруть зі статистичних довідників) змінюються, якщо аналізують різну кількість вимірювань.

6 ВІМІРЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ КУТІВ

6.1 Конфігурація випробувального майданчика

Теодоліт установлюють на відстані приблизно 50 м від високої споруди. На цій споруді добре визначені точки (частини вікон, кути цеглин, частини антен тощо) або марки, встановлені в стіні, відбирають або встановлюють, щоб охопити діапазон вертикального кута приблизно 30° (див. рисунок 2).

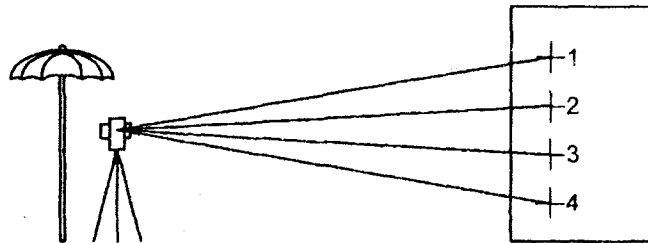


Рисунок 2 — Випробувальна конфігурація для вимірювання вертикального кута

6.2 Вимірювання

Перед початком вимірювання дають змогу приладу адаптуватися до температурних умов. Необхідний час становить дві хвилини на градус Цельсія температурної різниці.

Для спрощеної методики випробування вибирають $m = 1$ серій вимірювань $x_{j,k}$. Ці серії вимірювань мають складатися з $n = 3$ наборів (j) напрямків до $t = 4$ марок (k).

Для детальної методики випробування виконують $m = 4$ серій вимірювань (i) за різних, але не-екстремальних погодних умов. Кожна серія вимірювань має складатися з $n = 3$ наборів (j) напрямків до $t = 4$ марок (k).

Марки $t = 4$ спостерігають у кожному з $n = 3$ наборів у лицьовому положенні I телескопа послідовно від марки № 1 до марки № 4 і в тому самому наборі в лицьовому положенні II телескопа послідовно від марки № 4 до марки № 1.

6.3 Обчислення

Оцінювання виміряних значень — це коригування методом найменших квадратів формул спостережень. У межах i -х серій вимірювань один вертикальний кут (зазвичай зенітний кут) позначають $x_{j,k,I}$ або $x_{j,k,II}$, індекс k — номер марки. Цифри I і II позначають лицьове положення телескопа. У детальній методиці випробування кожні з $m = 4$ серій вимірювань оцінюють окремо.

Насамперед обчислюють середні значення відліків в обох лицьових положеннях телескопа (I і II):

$$x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} + 360^\circ}{2} \left(= \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} + 400 \text{ гон}}{2} \right); \quad j=1, 2, 3; k=1, \dots, 4. \quad (33)$$

На ці значення не впливає колімаційна похибка вертикалі δ_i . Колімаційну похибку вертикалі δ_i обчислюють для кожної серії вимірювань окремо (рекомендовано лише для детальної методики випробування):

$$\delta_i = \frac{1}{n \cdot t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 360^\circ}{2} \left(= \frac{1}{n \cdot t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 400 \text{ гон}}{2} \right) \quad (34)$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4}$$

Середні значення результатів вертикальних кутів $n = 3$ наборів марки № k обчислюють так:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k=1, \dots, 4; \quad (35)$$

у результаті розходження становлять:

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_k; \quad j=1, 2, 3; k=1, \dots, 4. \quad (36)$$

За винятком похибки округлення, для розходжень усіх наборів має бути виконано таку умову:

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k} = 0. \quad (37)$$

Суму квадратів розходжень i -х серій вимірювань обчислюють так:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k}^2. \quad (38)$$

Для $n = 3$ наборів вертикальних кутів по $t = 4$ марках у кожному випадку кількість ступенів свободи становить:

$$v_i = (3 - 1) \cdot 4 = 8 \quad (39)$$

і експериментальний середньоквадратичний відхил s_i вертикального кута $x'_{j,k}$, що спостерігають в одному наборі в обох лицьових положеннях телескопа, дійсний для i -х серій вимірювань, становить:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}. \quad (40)$$

Формули (41) і (42) застосовують тільки для спрощеної методики:

$$v = v_1 \quad (41)$$

$$s = s_1. \quad (42)$$

Формули (43)—(59) застосовують тільки для детальної методики.

Для експериментального середньоквадратичного відхилення s , обчисленого для $m = 4$ серій вимірювань, кількість ступенів свободи становить:

$$v = 4 \cdot v_i = 32 \quad (43)$$

і експериментальний середньоквадратичний відхил вертикального кута, що спостерігають в обох лицьових положеннях, обчислений для всіх $m = 4$ серій вимірювань, становить:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{34}} \quad (44)$$

$$S_{\text{ISO-THEO-HV}} = S. \quad (45)$$

6.4 Статистичні випробування

6.4.1 Загальні положення

Статистичні випробування рекомендовано тільки для детальної методики випробування.

Для інтерпретації результатів статистичні випробування потрібно виконувати, використовуючи:

— експериментальний середньоквадратичний відхил s вертикального кута, що спостерігають у двох лицьових положеннях, і

— колімаційну похибку вертикалі δ (орієнтацію вертикального кола) та її експериментальний середньоквадратичний відхил s_δ , щоб відповісти на такі запитання (див. таблицю 2):

а) Обчислений середньоквадратичний відхил s є меншим, ніж відповідне значення σ , яке установив виробник, чи меншим, ніж інше попередньо установлене значення σ ?

б) Чи належать тій самій сукупності два середньоквадратичні відхилення s і \bar{s} , визначені з двох різних вибірок вимірювань, якщо припустити, що обидві вибірки мають однакову кількість ступенів свободи v ?

Експериментальні середньоквадратичні відхилення s і \bar{s} може бути отримано:

— із двох вибірок вимірювання тим самим приладом, але різними спостерігачами;

— із двох вибірок вимірювання тим самим приладом у різний час;

— із двох вибірок вимірювання різними приладами.

с) Чи дорівнює нулю колімаційна похибка вертикалі δ ?

Для наведених нижче випробувань довірчий рівень $1 - \alpha = 0,95$ і, відповідно до проекту вимірювань, кількість ступенів $v = 32$.

Таблиця 2 — Статистичні випробування

Питання	Основна гіпотеза	Альтернативна гіпотеза
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \bar{\sigma}$	$\sigma \neq \bar{\sigma}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

6.4.2 Питання а)

Основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальний середньоквадратичний відхил s спостереження вертикального кута в обох положеннях менше або дорівнює теоретичному або попередньо установленому значенню σ , не відкидають, якщо виконано таку умову:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v)}{v}} \quad (46)$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(32)}{32}} \quad (47)$$

$$\chi_{0,95}^2(32) = 46,19 \quad (48)$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{46,19}{32}} \quad (49)$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,20. \quad (50)$$

Інакше основну гіпотезу відкидають.

6.4.2 Питання б)

У разі двох різних вибірок випробування показує, чи належать експериментальні середньоквадратичні відхилення s і \bar{s} тій самій сукупності. Відповідну основну гіпотезу $\sigma = \bar{\sigma}$ не відкидають, якщо виконано таку умову:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v, v)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v, v) \quad (51)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(32, 32)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{0,975}(32, 32) \quad (52)$$

$$F_{0,975}(32, 32) = 2,02 \quad (53)$$

$$0,49 \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq 2,02. \quad (54)$$

Інакше основну гіпотезу відкидають.

6.4.4 Питання с)

Гіпотезу, яка полягає в тому, що похибка вертикалі δ дорівнює нулю, не відкидають, якщо виконано таку умову:

$$|\delta| \leq s_{\delta} \cdot t_{1-\alpha/2}(v) \quad (55)$$

$$|\delta| \leq s_{\delta} \cdot t_{0,975}(32) \quad (56)$$

$$s_{\delta} = \frac{s}{\sqrt{12} \cdot \sqrt{4}} \quad (57)$$

$$t_{0,975}(32) = 2,04 \quad (58)$$

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{48}} \cdot 2,04 \quad (59)$$

$$\leq s \cdot 0,3.$$

Інакше основну гіпотезу відкидають.

Кількість ступенів свободи i , отже, відповідні випробувальні значення $\chi^2_{1-\alpha}(v)$, $F_{1-\alpha/2}(v, v)$, $t_{1-\alpha/2}(v)$ (які беруть зі статистичних довідників) змінюються, якщо аналізують різну кількість вимірювань.

ДОДАТОК А
(довідковий)

**ПРИКЛАД СПРОЩЕНОЇ МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАННЯ
(ГОРИЗОНТАЛЬНІ НАПРЯМКИ)**

А.1 Вимірювання

Таблиця А.1 містить у колонках 1—4 виміряні значення $x_{j, k, I}$ і $x_{j, k, II}$.

Спостерігач: С. Міллер

Погода: сонячно, + 10 °С

Тип і номер приладу: NN xxx 630401

Дата: 15.04.1999

Примітка. Коло приладу поділено на 400 гон (замість 360°).

Таблиця А.1 — Виміряні значення та різниці

j	k	$x_{j, k, I}$, ГОН	$x_{j, k, II}$, ГОН	$x_{j, k}$, ГОН	$x'_{j, k}$, ГОН	\bar{x}_k , ГОН	$d_{j, k}$, МГОН	$r_{j, k}$, МГОН	$r^2_{j, k}$, МГОН ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	310,475	110,470	310,4725	0,0000	0,0000	0,0	0,0	0,00
	2	6,131	206,126	6,1285	95,6560	95,6553	-0,7	-0,7	0,49
	3	130,481	330,477	130,4790	220,0065	220,0058	-0,7	-0,7	0,49
	4	208,878	8,872	208,8750	298,4025	298,4040	+1,5	+1,5	2,25
	Σ	655,965	655,945	655,9550	614,0650	614,0651	+0,1	+0,1	3,23
2	1	376,749	176,744	376,7465	0,0000		0,0	-0,5	0,25
	2	72,403	272,398	72,4005	95,6540		+1,3	+0,8	0,64
	3	196,753	396,749	196,7510	220,0045		+1,3	+0,8	0,64
	4	275,154	75,148	275,1510	298,4045		-0,5	-1,0	1,00
	Σ	921,059	921,039	921,0490	614,0630		+2,1	+0,1	2,53
3	1	42,049	242,044	42,0465	0,0000		0,0	+0,6	0,36
	2	137,705	337,700	137,7025	95,6560		-0,7	-0,1	0,01
	3	262,056	62,050	262,0530	220,0065		-0,7	-0,1	0,01
	4	340,454	140,449	340,4515	298,4050		-1,0	-0,4	0,16
	Σ	782,264	782,243	782,2535	614,0675		-2,4	0,0	0,54
6,30 ^a									

^a Значення відповідає Σr^2 .

А.2 Обчислення

Спочатку значення $x_{j, k}$ обчислюють із виміряними значеннями $x_{j, k, I}$ і $x_{j, k, II}$. У формулі (1) $\pm 180^\circ$ замінено на ± 200 гон (див. колонку 5 таблиці А.1).

Потім значення $x_{j, k}$ наводять до напрямку $x_{j, 1}$ марки № 1. Ці значення $x'_{j, k}$ обчислюють за формулою (2) (див. колонку 6 таблиці А.1).

Колонка 7 таблиці А.1 містить середні значення \bar{x}_k , наведені до напрямків $x'_{j,k}$ (див. формулу (3)).
Вислідну різницю $d_{j,k}$ значень \bar{x}_k і $x'_{j,k}$ обчислюють за формулою (4) (див. колонки 6—8 таблиці А.1).

Для кожного набору напрямків середнє значення \bar{d}_j від $d_{j,k}$ обчислюють за формулою (5)
($\sum_{k=1}^4 d_{j,k} = 4\bar{d}_j$, див. рядок Σ колонки 8 таблиці А.1).

Зі значеннями $d_{j,k}$ і \bar{d}_j розходження $r_{j,k}$ обчислюють за формулою (6) (див. колонку 9 таблиці А.1).

Потім суму $\sum r^2 = 6,30$ мгон² обчислюють зі значеннями колонки 10 таблиці А.1 (за формулою (8)).

Експериментальний середньоквадратичний відхил напрямку $x_{j,k}$, виміряний в одному наборі вимірювань в обох лицьових положеннях (I і II), обчислений за формулою (10), становить:

$$s = \sqrt{\frac{6,30 \text{ мгон}^2}{6}} = 1,0 \text{ мгон.}$$

Арифметична перевірка для кожного набору напрямків ($j = 1, 2, 3$): суми значень колонок таблиці А.1 мають відповідати таким умовам (за винятком похибки округлення):

— сума значень колонки 3 плюс сума значень колонки 4 має дорівнювати подвійній сумі значень колонки 5 $\pm \mu \cdot 200$ гон (μ — відповідне ціле число):

$$655,965 + 655,945 = 2 \cdot 655,9550$$

$$921,059 + 921,059 = 2 \cdot 921,9490$$

$$782,264 + 782,264 = 2 \cdot 782,2535;$$

— сума значень колонки 5 мінус чотириразове значення напрямку до марки № 1 має дорівнювати сумі значень колонки 6 $\pm \mu \cdot 400$ гон (μ — відповідне ціле число):

$$655,9550 - 4 \cdot 310,4725 = 614,065 - 3 \cdot 400$$

$$921,0490 - 4 \cdot 376,7465 = 614,063 - 3 \cdot 400$$

$$782,2535 - 4 \cdot 42,0465 = 614,0675 + 0 \cdot 400;$$

— різниця між сумою значень колонки 7 і сумою значень колонки 6 має дорівнювати сумі значень колонки 8:

$$614,0651 - 614,065 = + 0,0001$$

$$614,0651 - 614,063 = + 0,0021$$

$$614,0651 - 614,0675 = - 0,0024;$$

— сума значень колонки 9 має дорівнювати нулю (див. формулу (7));

— сума всіх дванадцяти значень колонки 6 має дорівнювати триразовій сумі чотирьох значень колонки 7:

$$614,065 + 614,063 + 614,0675 \approx 3 \cdot 614,0651;$$

— сума всіх дванадцяти значень колонки 8 має дорівнювати нулю:

$$0,1 + 2,1 - 2,4 = - 0,2; \approx 0,0.$$

ДОДАТОК В
(довідковий)

ПРИКЛАД ДЕТАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАННЯ (ГОРИЗОНТАЛЬНІ НАПРЯМКИ)

В.1 Вимірювання

Таблиця В.1 містить у колонках 1—4 виміряні значення $x_{j,k,I}$ і $x_{j,k,II}$ серії вимірювань № 1 (серії вимірювань №№ 2, 3, і 4 не надруковано).

Спостерігач: С. Міллер

Погода: сонячно, + 10 °С

Тип і номер приладу: NN xxx 630401

Дата: 15.04.1999

Таблиця В.1 — Виміряні значення та різниці серії № 1

<i>j</i>	<i>k</i>	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$x_{j,k}$			$x'_{j,k}$			\bar{x}_k			$d_{j,k}$	$r_{j,k}$	r_1^2 ($''$) ²
1	2	3			4			5			6			7			8	9	10
1	1	28	12	37	208	12	42	28	12	39,5	0	00	00,0	0	00	00,0	0,0	+ 0,1	0,01
	2	83	50	35	263	50	40	83	50	37,5	55	37	58,0	55	38	00,3	+ 2,3	+ 2,4	5,76
	3	141	45	30	321	45	35	141	45	32,5	113	32	53,0	113	32	50,8	- 2,2	- 2,1	4,41
	4	219	30	49	39	30	50	219	30	49,5	191	18	10,0	191	18	9,5	- 0,5	- 0,4	0,16
	5	308	26	31	128	26	33	308	26	32,0	280	13	52,5	280	13	52,5	0,0	+ 0,1	0,01
	Σ	781	46	02	961	46	20	781	46	11,0	640	42	53,5	640	42	53,1	- 0,4	+ 0,1	10,35
2	1	87	48	51	267	48	55	87	48	53,0	0	00	00,0				0,0	- 1,7	2,89
	2	143	26	52	323	26	51	143	26	51,5	55	37	58,5				+ 1,8	+ 0,1	0,01
	3	201	21	41	21	21	47	201	21	44,0	113	32	51,0				- 0,2	- 1,9	3,61
	4	279	07	01	99	06	59	279	07	00,0	191	18	07,0				+ 2,5	+ 0,8	0,64
	5	8	02	42	188	02	40	8	02	41,0	280	13	48,0				+ 4,5	+ 2,8	7,84
	Σ	719	47	07	899	47	12	719	47	09,5	640	42	44,5				+ 8,6	+ 0,1	14,99
3	1	147	08	13	327	08	08	147	08	10,5	0	00	00,0				0,0	+ 1,7	2,89
	2	202	46	17	22	46	13	202	46	15,0	55	38	04,5				- 4,2	- 2,5	6,25
	3	260	41	01	80	40	57	260	40	59,0	113	32	48,5				+ 2,3	+ 4,0	16,00
	4	338	26	24	158	26	20	338	26	22,0	191	18	11,5				- 2,0	- 0,3	0,09
	5	67	22	07	247	22	08	67	22	07,5	280	13	57,0				- 4,5	- 2,8	7,84
	Σ	1016	24	02	836	23	46	1016	23	54,0	640	43	01,5				- 8,4	+ 0,1	33,07
58,41 ^a																			

^a Значення відповідає Σr_1^2 .

В.2 Обчислення

Спочатку значення $x_{j,k}$ обчислюють із виміряними значеннями $x_{j,k,I}$ і $x_{j,k,II}$ за формулою (11) (див. колонку 5 таблиці В.1).

Потім значення $x_{j,k}$ наводять до напрямку $x_{j,1}$ марки № 1. Ці значення $x'_{j,k}$ обчислюють за формулою (12) (див. колонку 6 таблиці В.1).

Колонка 7 таблиці В.1 містить середні значення \bar{x}_k , наведені до напрямків $x'_{j,k}$ (див. формулу (13)).

Вислідну різницю $d_{j,k}$ значень \bar{x}_k і $x'_{j,k}$ обчислюють за формулою (14) (див. колонки 6—8 таблиці В.1).

Для кожного набору напрямків середнє значення \bar{d}_j від $d_{j,k}$ обчислюють за формулою (15)

$$\left(\sum_{k=1}^4 d_{j,k} = 5\bar{d}_j, \text{ див. рядок } \Sigma \text{ колонки 8 таблиці В.1). \right)$$

Зі значеннями $d_{j,k}$ і \bar{d}_j розходження $r_{j,k}$ обчислюють за формулою (16) (див. колонку 9 таблиці В.1).

Потім суму $\Sigma r_1^2 = 58,41 ('')^2$ обчислюють зі значеннями колонки 10 таблиці В.1 (за формулою (18)).

Експериментальний середньоквадратичний відхил напрямку $x_{j,k}$, виміряний в одному наборі вимірювань в обох лицьових положеннях (I і II), дійсний для серії № 1, обчислений за формулою (20), становить:

$$s_1 = \sqrt{\frac{58,41 ('')^2}{8}} = 2,7''.$$

Арифметична перевірка для кожного набору напрямків ($j = 1, 2, 3$): суми значень колонок таблиці В.1 мають відповідати таким умовам (за винятком похибки округлення):

— сума значень колонки 3 плюс сума значень колонки 4 має дорівнювати подвійній сумі значень колонки 5 $\pm \mu \cdot 180^\circ$ (μ — відповідне ціле число):

$$781^\circ 46' 02'' + 961^\circ 46' 20'' = 2 \cdot (781^\circ 46' 11'') + 1 \cdot 180^\circ$$

$$719^\circ 47' 07'' + 899^\circ 47' 12'' = 2 \cdot (719^\circ 47' 9,5'') + 1 \cdot 180^\circ$$

$$1016^\circ 24' 02'' + 836^\circ 23' 46'' = 2 \cdot (1016^\circ 23' 54'') - 1 \cdot 180^\circ;$$

— сума значень колонки 5 мінус п'ятиразове значення напрямку до марки № 1 має дорівнювати сумі значень колонки 5 $\pm \mu \cdot 360^\circ$ (μ — відповідне ціле число):

$$781^\circ 46' 11'' - 5 \cdot (28^\circ 12' 39,5'') = 640^\circ 42' 53,5'' + 0 \cdot 360^\circ$$

$$719^\circ 47' 9,5'' - 5 \cdot (87^\circ 48' 53'') = 640^\circ 42' 44,5'' + 0 \cdot 360^\circ$$

$$1016^\circ 23' 54'' - 5 \cdot (147^\circ 08' 10,5'') = 640^\circ 43' 1,5'' + 0 \cdot 360^\circ;$$

— різниця між сумою значень колонки 7 і сумою значень колонки 6 має дорівнювати сумі значень колонки 8:

$$640^\circ 42' 53,1'' - 640^\circ 42' 53,5'' = - 0,4''$$

$$640^\circ 42' 53,1'' - 640^\circ 42' 44,5'' = + 8,6''$$

$$640^\circ 42' 53,1'' - 640^\circ 43' 1,5'' = - 8,4'';$$

— сума значень колонки 9 має дорівнювати нулю (див. формулу (17));

— сума всіх п'ятнадцяти значень колонки 6 має дорівнювати триразовій сумі п'яти значень колонки 7:

$$640^\circ 42' 53,5'' + 640^\circ 42' 44,5'' + 640^\circ 43' 1,5'' \approx 3 \cdot (640^\circ 42' 53,1'');$$

— сума всіх п'ятнадцяти значень колонки 8 має дорівнювати нулю:

$$- 0,4'' + 8,6'' - 8,4'' = - 0,2'' \approx 0''.$$

Результати чотирьох серій вимірювань:

$$s_1 = 2,7''$$

$$s_2 = 1,6''$$

$$s_3 = 2,0''$$

$$s_4 = 2,3''.$$

Загальний експериментальний середньоквадратичний відхил s і кількість ступенів свободи ν обчислюють за формулами (22) і (21):

$$s = \sqrt{\frac{19,14('')^2}{4}} = 2,2''$$

$$\nu = 32$$

$$s_{\text{ISO-THEO-HZ}} = 2,2''.$$

В.3 Статистичні випробування

В.3.1 Статистичні випробування відповідно до питання а)

$$\sigma = 2''$$

$$s = 2,2''$$

$$\nu = 32$$

$$2,2'' \leq 2'' \cdot 1,20$$

$$2,2'' \leq 2,4''.$$

Оскільки наведену вище умову виконано, основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальний середньоквадратичний відхил $s = 2,2''$ менше або дорівнює значенню виробника $\sigma = 2''$, не відкидають з довірчою ймовірністю 95 %.

В.3.2 Статистичні випробування відповідно до питання б)

$$s = 2,2''$$

$$\hat{s} = 1,6''$$

$$\nu = 32$$

$$0,49 \leq \frac{4,84('')^2}{2,56('')^2} \leq 2,02$$

$$0,49 \leq 1,89 \leq 2,02.$$

Оскільки наведену вище умову виконано, основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальні середньоквадратичні відхили $s = 2,7''$ і $\bar{s} = 1,6''$ належать тій самій сукупності, не відкидають з довірчою ймовірністю 95 %.

ДОДАТОК С
(довідковий)

**ПРИКЛАД ОБОХ МЕТОДИК ВИПРОБУВАННЯ
(ВЕРТИКАЛЬНІ КУТИ)**

С.1 Вимірювання

Таблиця С.1 містить у колонках 1—4 виміряні вертикальні кути $x_{j,k,I}$ і $x_{j,k,II}$ для спрощеної методики або для серії вимірювань № 1 детальної методики (серії вимірювань №№ 2, 3, і 4 не надруковано).

Спостерігач: С. Міллер
Погода: сонячно, + 10 °С
Тип і номер приладу: NN xxx 630401
Дата: 15.04.1999
Примітка. Коло приладу поділено на 400 гон (замість 360°).

Таблиця С.1 — Виміряні значення та різниці

j	k	$x_{j,k,I}$, гон	$x_{j,k,II}$, гон	$\delta_{j,k}$, мгон	$x'_{j,k}$, гон	\bar{x}_k , гон	$r_{j,k}$, мгон	$r_{j,k}^2$, мгон ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	49,3677	350,6326	0,15	49,36755	49,36727	- 0,28	0,078
	2	86,3533	313,6467	0,00	86,35330	86,35343	+ 0,13	0,017
	3	101,4169	298,5832	0,05	101,41685	101,41697	+ 0,12	0,014
	4	113,6490	286,3518	0,40	113,64860	113,64862	+ 0,02	0,000
	Σ	350,7869	1249,2143	0,60	350,78630	350,78629	- 0,01	0,109
2	1	49,3672	350,6328	0,00	49,36720		+ 0,07	0,005
	2	86,3538	313,6465	0,15	86,35365		- 0,22	0,048
	3	101,4169	298,5829	- 0,10	101,41700		- 0,03	0,001
	4	113,6487	286,3517	0,20	113,64850		+ 0,12	0,014
	Σ	350,7866	1249,2139	0,25	350,78635		- 0,06	0,068
3	1	49,3675	350,6334	0,45	49,36705		+ 0,22	0,048
	2	86,3532	313,6465	- 0,15	86,35335		+ 0,08	0,006
	3	101,4171	298,5830	0,05	101,41705		- 0,08	0,006
	4	113,6490	286,3515	0,25	113,64875		- 0,13	0,017
	Σ	350,7868	1249,2144	0,60	350,78620		+ 0,09	0,077
^a 0,254 ^a								

^a Значення відповідає $\Sigma r_{j,k}^2$.

С.2 Обчислення

Спочатку обчислюють вертикальну похибку δ_1 (лише для детальної методики випробування). У формулі (34) мінус 360° замінено на мінус 400 гон.

$$\delta_1 = \frac{0,60 + 0,25 + 0,60}{12} \text{ мгон} = 1,2 \text{ мгон.}$$

Потім значення $x'_{j,k}$ обчислюють із початковими виміряними значеннями $x_{j,k,I}$ і $x_{j,k,II}$. У формулі (33) + 360° замінено на + 400 гон (див. колонку 6 таблиці С.1).

Колонка 7 таблиці С.1 містить середні значення \bar{x}_k вертикальних кутів $x'_{j,k}$ (див. формулу (35)).

Розходження $r_{j,k}$ — це різниці середніх значень \bar{x}_k і кутів $x'_{j,k}$, обчислені за формулою (36) (див. колонку 8 таблиці С.1).

Потім суму $\sum r_1^2 = 0,254 \text{ мгон}^2$ обчислюють зі значеннями з колонки 8 або 9 таблиці С.1 (див. формулу (38)).

Для спрощеної методики експериментальний середньоквадратичний відхил виміряного вертикального кута $x_{j,k}$ в одному наборі вимірювань в обох лицьових положеннях (I і II), обчислений за формулами (39) і (40), становить:

$$s = \sqrt{\frac{0,254 \text{ мгон}^2}{8}} = 0,18 \text{ мгон.}$$

Цей кінцевий результат одержують за спрощеною методикою.

Для детальної методики експериментальний середньоквадратичний відхил виміряного вертикального кута $x_{j,k}$ в одному наборі вимірювань в обох лицьових положеннях (I і II), дійсний для серії вимірювань № 1, обчислений за формулами (39) і (40), становить:

$$s_1 = \sqrt{\frac{0,254 \text{ мгон}^2}{8}} = 0,18 \text{ мгон.}$$

Арифметична перевірка для кожного набору вертикальних кутів ($j = 1, 2, 3$): суми значень колонок таблиці С.1 мають відповідати таким умовам (за винятком похибки округлення):

— сума значень колонки 3 плюс сума значень колонки 4 мінус 400 гон, помножене на чотири, має дорівнювати подвійній сумі значень колонки 5:

$$350,7869 + 1249,2143 - 4 \cdot 400 = 2 \cdot 0,00060$$

$$350,7866 + 1249,2139 - 4 \cdot 400 = 2 \cdot 0,00025$$

$$350,7868 + 1249,2144 - 4 \cdot 400 = 2 \cdot 0,00060;$$

— різниця між сумою значень колонки 3 і сумою значень колонки 4 плюс 1600 гон має дорівнювати подвійній сумі значень колонки 6:

$$350,7869 - 1249,2143 + 4 \cdot 400 = 2 \cdot 350,78630$$

$$350,7866 - 1249,2139 + 4 \cdot 400 = 2 \cdot 350,78635$$

$$350,7868 - 1249,2144 + 4 \cdot 400 = 2 \cdot 350,78620;$$

— різниця між сумою значень колонки 7 і сумою значень колонки 6 має дорівнювати подвійній сумі значень колонки 8:

$$350,78629 - 350,78630 = - 0,0001$$

$$350,78629 - 350,78635 = - 0,00006$$

$$350,78629 - 350,78620 = + 0,00009;$$

— сума всіх дванадцяти значень колонки 8 має дорівнювати нулю.

Результати серій вимірювань:

$$s_1 = 0,18 \text{ мгон}; \quad \delta_1 = 0,12 \text{ мгон}$$

$$s_2 = 0,12 \text{ мгон}; \quad \delta_2 = 0,70 \text{ мгон}$$

$$s_3 = 0,11 \text{ мгон}; \quad \delta_3 = 0,42 \text{ мгон}$$

$$s_4 = 0,21 \text{ мгон}; \quad \delta_4 = 0,59 \text{ мгон}$$

$$\delta = 0,46 \text{ мгон.}$$

Загальний середньоквадратичний відхил s і кількість ступенів свободи ν обчислюють за формулами (43), (44) і (45):

$$s = \sqrt{\frac{0,103 \text{ мгон}^2}{4}} = 0,16 \text{ мгон}$$

$$\nu = 32$$

$$s_{\text{ISO-THEO-}\nu} = 0,16 \text{ мгон.}$$

С.3 Статистичні випробування

С.3.1 Статистичні випробування відповідно до питання а)

$$\sigma = 0,1 \text{ мгон}$$

$$s = 0,16 \text{ мгон}$$

$$\nu = 32$$

$$0,16 \text{ мгон} \leq 0,1 \text{ мгон} \cdot 1,20$$

$$0,16 \text{ мгон} \leq 0,12 \text{ мгон}.$$

Оскільки наведену вище умову не виконано, основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальний середньоквадратичний відхил $s = 0,16$ мгон менше або дорівнює значенню виробника $\sigma = 0,1$ мгон, відкидають з довірчою ймовірністю 95 %.

С.3.2 Статистичні випробування відповідно до питання b)

$$s = 0,16 \text{ мгон}$$

$$\bar{s} = 0,12 \text{ мгон}$$

$$v = 32$$

$$0,49 \leq \frac{0,0256 \text{ мгон}^2}{0,0144 \text{ мгон}^2} \leq 2,02$$

$$0,49 \leq 1,78 \leq 2,02.$$

Оскільки наведену вище умову виконано, основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальні середньоквадратичні відхили $s = 0,16$ мгон і $\bar{s} = 0,12$ мгон належать тій самій сукупності, не відкидають з довірчою ймовірністю 95 %.

С.3.3 Статистичні випробування відповідно до питання c)

$$s = 0,16 \text{ мгон}$$

$$v = 32$$

$$\delta = 0,46 \text{ мгон}$$

$$s_\delta = 0,023 \text{ мгон}$$

$$0,46 \text{ мгон} \leq 0,023 \text{ мгон} \cdot 2,04$$

$$0,46 \text{ мгон} \leq 0,05 \text{ мгон}.$$

Оскільки наведену вище умову не виконано, основну гіпотезу, яка полягає в тому, що колимаційна похибка вертикалі дорівнює нулю, відкидають з довірчою ймовірністю 95 %.