

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

**Кафедра Інженерної геодезії**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

на тему:

Конструктивні особливості та метрологічні характеристики універсального  
еталону автоколімаційних референтних осей призначеного для повірки  
геодезичних приладів

Асавлюк Надія Михайлівна  
(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ

Кафедра Інженерної геодезії

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ІГ

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

Конструктивні особливості та метрологічні характеристики універсального  
еталону автоколімаційних референтних осей призначеного для перевірки  
геодезичних приладів  
(назва)

Виконала студентка групи ГД-20

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Спеціалізація: 193.01 «Геодезія»

Асавлюк Надія

Михайлівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник: Самойленко О. М.

(прізвище та ініціали)

Професор

(вчене звання, науковий ступінь)

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: **Геоінформаційних систем та управління територіями**

Кафедра: **Інженерної геодезії**

Освітній рівень: **бакалавр за освітньо-професійною програмою**

Спеціальність: **193 «Геодезія та землеустрій»**

Спеціалізація: **193.01 «Геодезія»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету ГІСУТ

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Асавлюк Надія Михайлівна  
(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи «Конструктивні особливості та метрологічні характеристики універсального еталону автоколімаційних референтних осей призначеного для повірки геодезичних приладів»
2. затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року.
3. Керівник роботи: **Самойленко Олександр Миколайович**, професор  
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
4. Строк подання студентом роботи до захисту: \_\_\_\_\_
5. Зміст пояснювальної записки за розділами:
  - Р. 1. Універсальний еталон автоколімаційних референтних осей AMRL.  
Будова та принцип роботи
  - Р. 2. Метрологічні характеристики AMRL
  - Р. 3. Повірка геодезичних приладів на AMRL
  - Р. 4. Охорона праці

6. Графічний матеріал за розділами:

Р. 1. Загальний вигляд еталону AMRL та окремих його частин.

Р. 2. Калібрування WARL-180 за допомогою призми куб.

Р. 3. Повірка геодезичних приладів на еталоні.

Р. 4. План евакуації в разі пожежі. План лабораторії.

7. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина;  
б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Універсальний еталон автоколімаційних референтних осей AMRL. Будова та принцип роботи	11.04.2024
Розділ 2. Метрологічні характеристики AMRL	29.04.2024
Розділ 3. Повірка геодезичних приладів на AMRL	13.05.2024
Розділ 4. Охорона праці	20.05.2024
Остаточне оформлення роботи	4.06.2024
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	7.06.2024
Попередній захист роботи на кафедрі	7.06.2024

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			

9. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_

Зав. кафедри ІГ

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

<b>РОЗДІЛ 1</b>	<b>8</b>
<b>УНІВЕРСАЛЬНИЙ ЕТАЛОН АВТОКОЛІМАЦІЙНИХ РЕФЕРЕНТНИХ ОСЕЙ AMRL. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ</b>	<b>8</b>
1.1. Загальна будова	8
1.2. HORL-0. Будова та принцип роботи	9
1.3. Еталон розгорнутого кута 180° <i>WARL-180</i>	13
1.4. Еталон вертикальної автоколімаційної референтної осі <i>VERL-90</i>	17
1.5. Влаштування кантувача	20
1.6. Влаштування підвісок і автоколіматорів <i>EAC-0.2RL</i>	21
1.7. Влаштування предметного стола	24
1.8. Електрична система	25
1.9. Принцип роботи	27
<b>РОЗДІЛ 2</b>	<b>28</b>
<b>МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АУПНТ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ.</b>	<b>28</b>
2.1. Метрологічні характеристики <i>AMRL</i>	28
2.2. Калібрування еталону	29
<b>РОЗДІЛ 3.</b>	<b>35</b>
<b>ПОВІРКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ НА <i>AMRL</i></b>	<b>35</b>
3.1. Операції повірки які виконуються на <i>AMRL</i>	35
3.2. Умови проведення повірки	35
3.3. Проведення повірки. Зовнішній огляд та працездатність	36
3.4. Визначення метрологічних характеристик нівелірів оптико-механічних та електронних.	37
3.5. Визначення метрологічних характеристик теодолітів	41
<b>РОЗДІЛ 4</b>	<b>62</b>
<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<b>62</b>
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які виникають при роботі з ПК	62
4.2. Профілактичні заходи	66
4.3. Інженерні рішення	67
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>72</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>74</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>75</b>

## ВСТУП

Кожен геодезист в своїй практиці виконує геодезичні роботи з певною точністю, необхідною відповідно до нормативних документів або вказаною в проектній документації. Щоб забезпечити задані вимоги, необхідно правильно обрати геодезичний прилад так, щоб його технічні характеристики відповідали встановленим вимогам. Проте заявлені виробником похибки та діапазони вимірювань не завжди можуть відповідати дійсності. Причин може бути безліч: виробничий брак, випадкове падіння, тривала експлуатація і т.п. Щоб впевнитись в тому що прилад забезпечує необхідні вимоги щодо точності, власник повинен регулярно повірити чи калібрувати прилад в уповноваженій організації або калібрувальній лабораторії.

Метрологія, а саме калібрування та перевірка засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), в сфері геодезії відіграє надзвичайно важливу роль. Розвиток науки та техніки в наш час відбувається стрімко як ніколи. Геодезичні прилади стають складніші і пошук нових можливостей та функцій для покращення та полегшення виконання робіт не припиняється. Тому дуже важливо, щоб метрологічне забезпечення геодезичних вимірювань не відставало в розвитку від розвитку самих геодезичних приладів. Тому, тема створення нових та оновлення старих еталонів для виконання перевірок та калібрувань наразі є актуальною як ніколи.

В даній дипломній роботі буде розглянутий «Універсальний еталон автоколімаційних референтних осей AMRL», який розроблений на заміну дещо застарілому еталону під назвою «Автоколімаційна установка для перевірки теодолітів та нівелірів АУПНТ». Особливості нового еталона AMRL потребують значного корегування старої експлуатаційної документації на АУПНТ.

Метою створення оновленого еталона AMRL є підвищення точності кутових еталонних вимірювань під час перевірки та калібрування геодезичних приладів.

Виходячи з цього, метою дипломної роботи є створення пакету оновленої документації на еталон AMRL.

В дипломній роботі наведені конструктивні та експлуатаційні особливості еталона, його метрологічні характеристики та методики повірки геодезичних приладів за допомогою даного еталону.

GISUT KNUCA 2024

# РОЗДІЛ 1

## УНІВЕРСАЛЬНИЙ ЕТАЛОН АВТОКОЛІМАЦІЙНИХ РЕФЕРЕНТНИХ ОСЕЙ AMRL. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ

### 1.1. Загальна будова

Універсальний еталон автоколімаційних референтних осей (*Autocollimation multi-reference-line measurement standard*) AMRL призначений для перевірки та калібрування кутомірних геодезичних приладів – тахеометрів, теодолітів та нівелірів в умовах лабораторії.

До складу AMRL входять три еталонних автоколімаційних референтних осей, які утворюються чотирма фотоелектричними автоколіматорами EAC-0.2RL спеціальної конструкції.

Універсальний еталон автоколімаційних референтних осей (рис. 1) об'єднує в собі:

- Еталон горизонтальної автоколімаційної референтної осей HORL-0 (1);
- Еталон вертикальної автоколімаційної референтної осей VERL-90 (2);
- Еталон автоколімаційної референтної осей розгорнутого кута  $180^\circ$  WARL-180 (3).

WARL-180 (3).

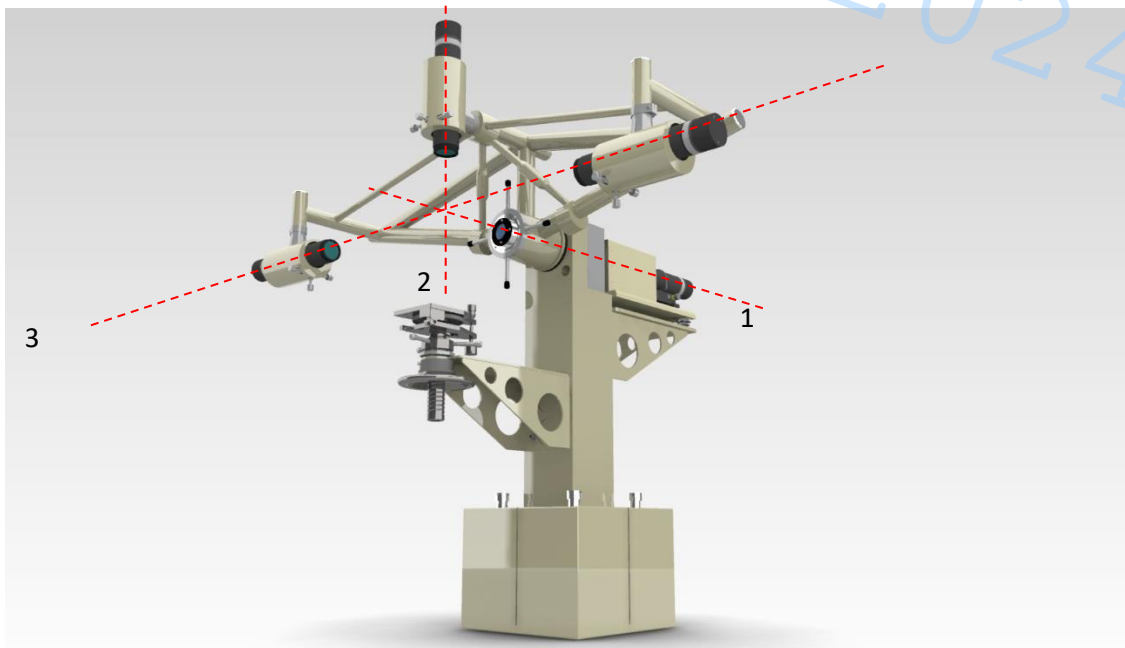


Рис.1. Загальний вигляд установки. Положення референтних осей

Всі представлені еталони можуть використовуватися як окремо так і разом в залежності від типу робіт та ЗВТ, що повіряються. Розглянемо будову кожного еталону окремо разом з іншими конструктивними особливостями даної установки.

*AMRL* єдиний в своєму роді еталон, який забезпечує простежність вимірювань площинного кута до одиниці SI – градус, через еталони площинного кута (багатогранні призми) калібровані на Національних еталонах площинного кута країн підписантів Метричної конвенції.

## 1.2. HORL-0. Будова та принцип роботи

*Еталон горизонтальної автоколімаційної референтної осі (Horizontal autocollimation Reference-line measurement standard) HORL-0* призначений для калібрування електронно-оптичних та лазерних геодезичних приладів (тахеометрів, теодолітів та нівелірів) в частині вимірювань ними вертикальних кутів або відтворення горизонтальної візирної чи лазерної осі (площини).

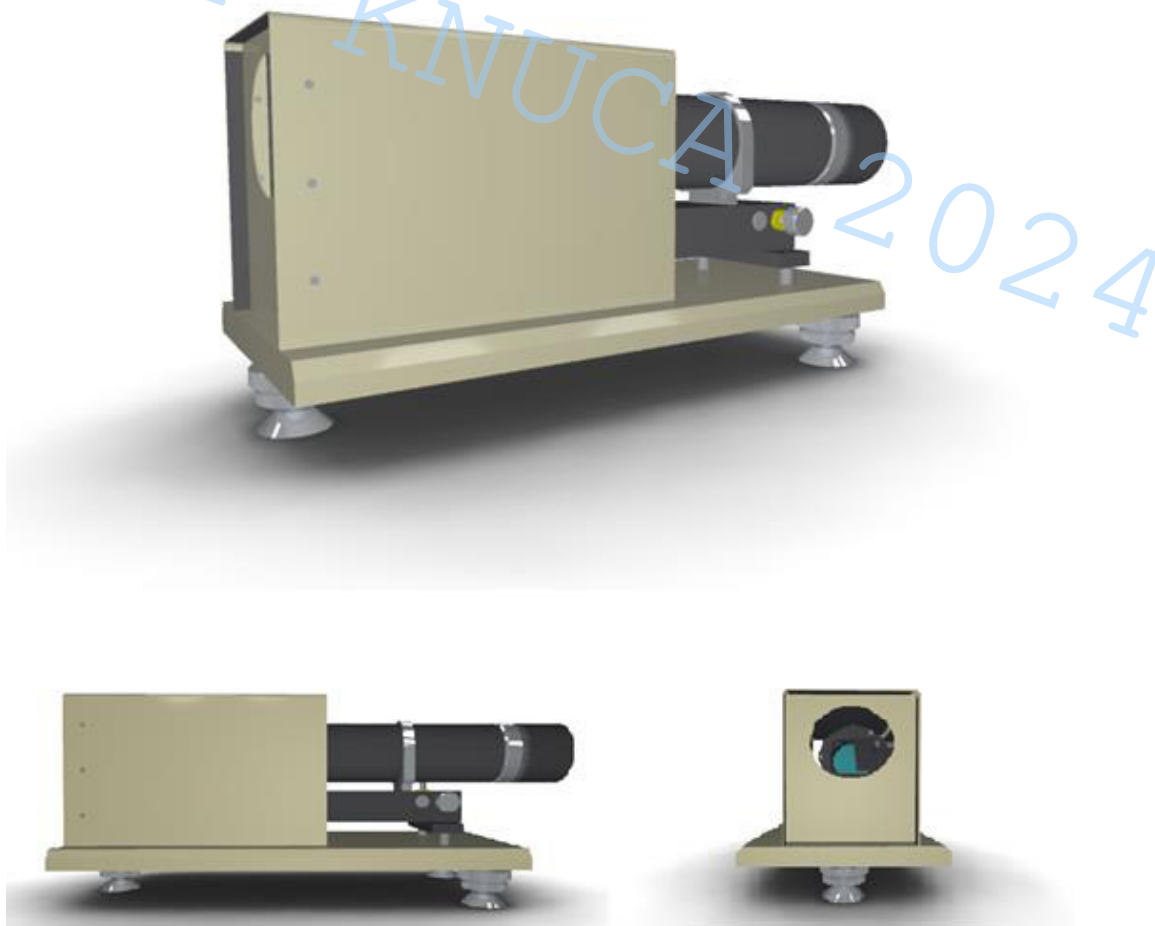


Рис. 2. Еталон горизонтальної автоколімаційної референтної осі HORL-0

## Принцип роботи еталона

*HORL-0* являє собою електронний автоколіматор *EAC-0.2RL* змонтований на спеціальній платформі. Завдяки конструкції *EAC-0.2RL* кутове положення його освітлювального каналу, в автоматичному режимі, вимірюється відносно його вимірювального каналу.

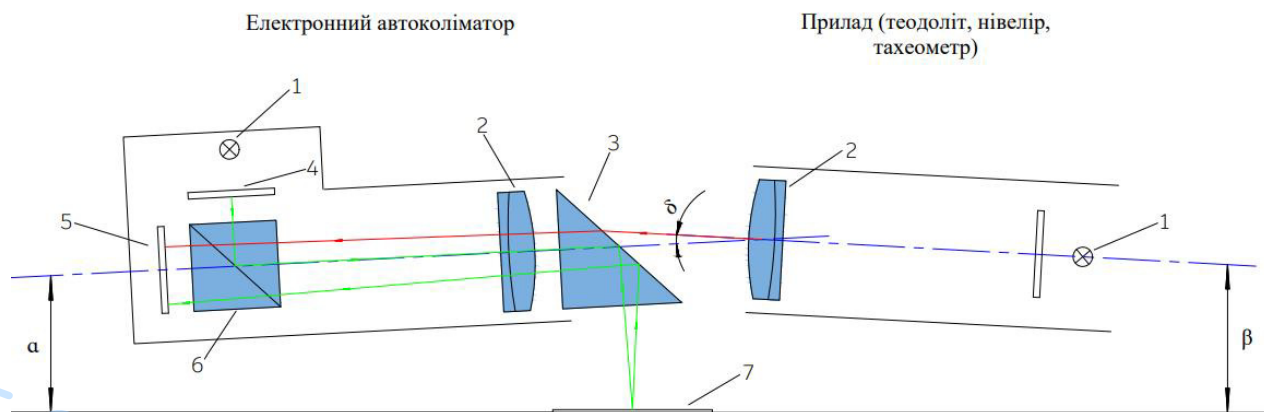


Рис. 3. Схема-пояснення принципу роботи *HORL-0*

- |                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| 1 – лампа       | 5 – фотоприймач                    |
| 2 – окуляр      | 6 – призма-куб                     |
| 3 – призма AP90 | 7 – масло (горизонтальна поверхня) |
| 4 – марка       |                                    |

Освітлювальний канал *EAC-0.2RL* формує марку, яка світиться і направляє половину світлової енергії на поверхню рідини через прямокутну призму, а іншу половину горизонтально на об'єкт вимірювань. Еталон *HORL-0* приймає та обробляє світлові промені відбиті від об'єкта вимірювань та вільної горизонтальної поверхні рідини. Результатом є автоматично виміряний вертикальний кут  $\delta$  між віссю відбитого від об'єкта світлового променя та вільною горизонтальною поверхнею рідини. Додатково, *HORL-0* вимірює горизонтальний кут між віссю відбитого світлового променя вимірювань та своїм умовним нулем.

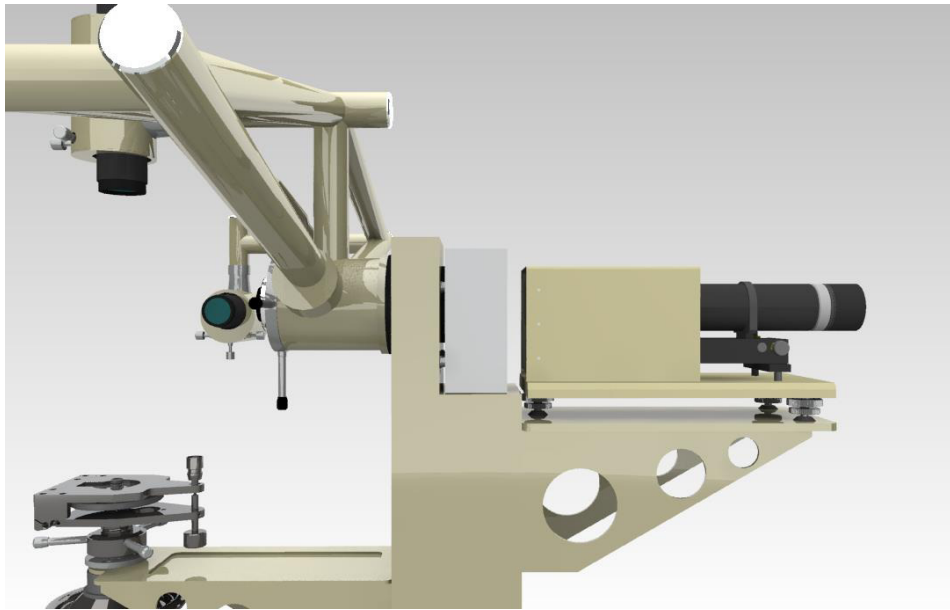


Рис. 4. Вигляд еталону HORL-0 на AMRL

*HORL-0* працює тільки в комплекті з персональним комп'ютером (ПК) з операційною системою WINDOWS. Результати вимірювань виводяться на екран комп'ютера через USB 2.0 порт. Висока роздільна здатність еталону *HORL-0* та висока точність вимірювань дозволяє використовувати його в якості еталона горизонтальної референтної осі для будь-яких геодезичних та інших приладів. Референтна вісь формується маркою автоколіматора. Вона спостерігається через оптичні системи будь-яких геодезичних приладів та може використовуватися для їх юстування.

*HORL-0* працює як і з полірованими поверхнями з дзеркальним покриттям так і без нього при коефіцієнтах відбиття не менше 3% і площі поверхні не менше 1 см<sup>2</sup>.

**Об'єктом** вимірювань *HORL-0* можуть бути:

- власна марка відбита від горизонтальної поверхні рідини;
- власна марка відбита від будь-якої дзеркальної поверхні;
- освітлені зовні сітки ниток геодезичних та інших приладів (освітлювач сіток ниток може входити до комплекту *HORL-0*);
- лазерні промені;
- марки, що світяться, інших автоколіматорів та *HORL-0*.

Вимірювання можуть виконуватися на декілька об'єктів, які одночасно знаходяться у полі зору *HORL-0* та не перекриваються.

### **Умови експлуатації *HORL-0***

- температура навколишнього середовища від 15 °С до 25 °С;
- відносна вологість повітря від 30 % до 80 %;
- атмосферний тиск від 84 до 106 кПа;
- в об'єктів не повинні потрапляти промені від сторонніх джерел світла.

### **Проблеми, які вирішує *HORL-0***

*Проблема 1.* Всі тахеометри або теодоліти мають певну систематичну похибку вимірювань вертикального кута середнього з двох кругів.

*Вирішення.* *HORL-0* дозволяє, методом прямого порівняння з еталонним кутом (розширена невизначеність вимірювань яким не перевищує 0,3") визначити цю систематичну похибку для тахеометрів, стандартний відхил вимірювань якими складає 0,5", 1" і більше.

*Проблема 2.* Всі тахеометри, теодоліти та нівеліри під час вимірювань вертикального кута, вимірюють чи компенсують нахил їх осі обертання. Систематична та випадкова складові похибки цих вимірювань чи компенсації напряду входять до похибки вимірювань вертикального кута.

*Вирішення.* *HORL-0* дозволяє, методом прямого порівняння з еталонним кутом, стандартний відхил якого не перевищує 0,1", визначити цю систематичну та випадкову складові похибки компенсації для тахеометрів, стандартний відхил вимірювань якими складає 0,5" та 1" у всьому діапазоні компенсації.

*Проблема 3.* Визначення негоризонтальності поверхонь та направляючих.

*Вирішення.* *HORL-0* – в 2 – 3 рази точніший за самий точний нівелір. В комплекті з пласким дзеркалом він дозволяє визначити негоризонтальність поверхонь та направляючих з розширеною невизначеністю від 0,3 мкм/м.

### **Простежуваність вимірювань та калібрування *HORL-0***

*HORL-0* калібрується на еталоні вимірювань вертикального площинного кута від площини горизонту України.

**Переваги:**

- відносно невисока вартість *HORL-0*;
- компактність та невибагливість до зовнішніх умов експлуатації;
- швидке та легке вимірювання з максимально високою точністю;
- придатний для калібрування та юстування всіх типів тахеометрів, теодолітів та нівелірів.

**1.3. Еталон розгорнутого кута 180° *WARL-180***

*Еталон автоколімаційної референтної осі розгорнутого кута 180° *WARL-180** призначений для калібрування електронно-оптичних та оптичних геодезичних приладів (тахеометрів та теодолітів) в частині вимірювань ними горизонтальних та вертикальних кутів.

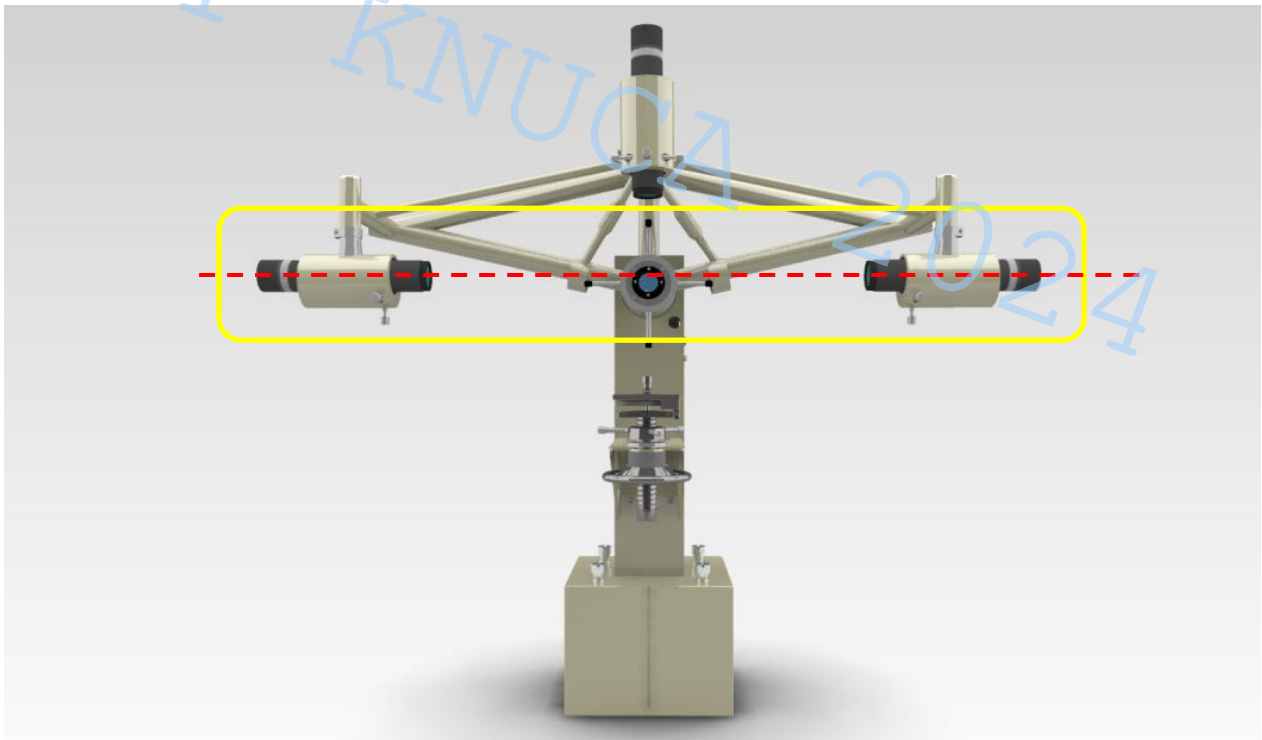


Рис. 5. Еталон автоколімаційної референтної осі розгорнутого кута 180° *WARL-180* на *AMRL*

**Принцип роботи**

Еталон має три режими роботи:

## 1. Режим вимірювань кута близького до $180^\circ$

*WARL-180* являє собою комплект з двох електронних автоколіматорів *EAC-0.2RL*. Вони формують марки, що світяться і направляють енергію світла назустріч один одному. Оператор наводить марку одного автоколіматора *EAC-0.2RL* на марку іншого. Автоколіматори *EAC-0.2RL* виконують вимірювання на марки один одного безперервно в автоматичному режимі. Програма *WARL-180 software*, яка керує роботою пари *EAC-0.2RL*, обчислює відхили від еталонного кута  $180^\circ$ , в вертикальній площині та в проекції на горизонтальну площину в режимі реального часу. Усереднені за вимірюваннями обох автоколіматорів відхили від еталонного кута  $180^\circ$  формують просторову референтну вісь.

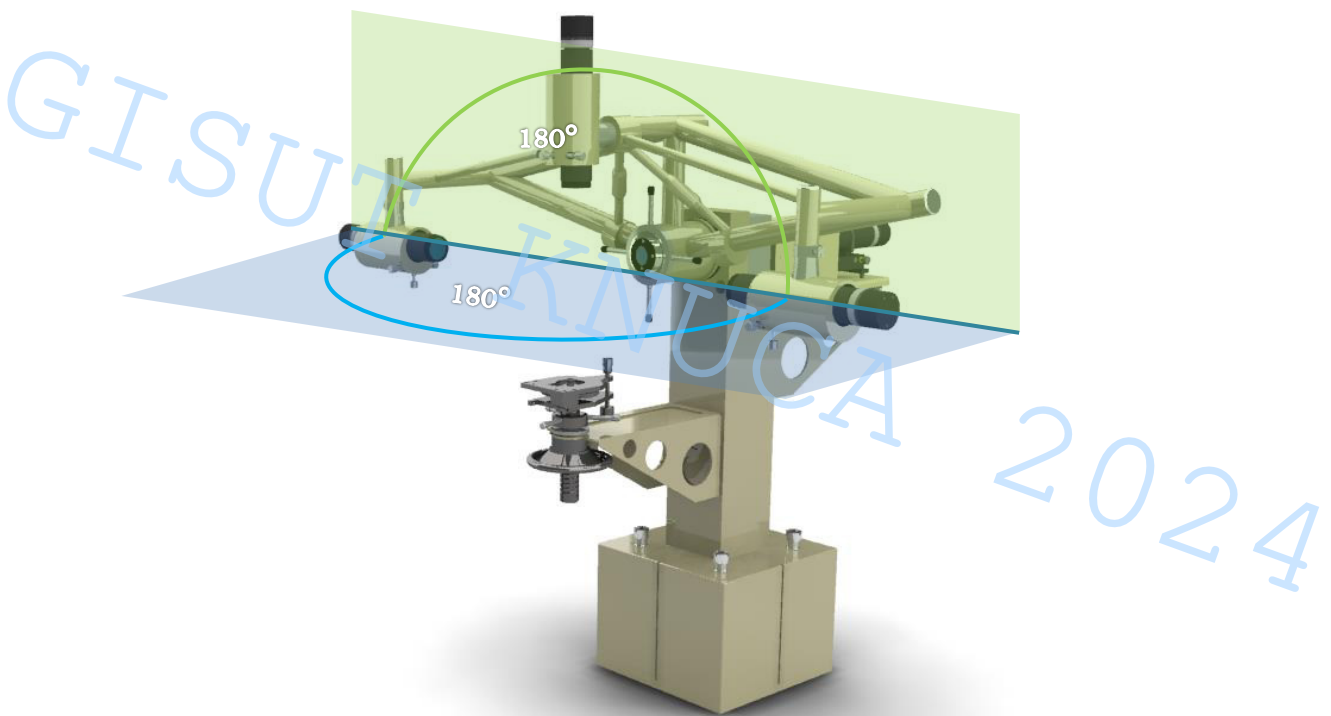


Рис. 6. Розгорнутий кут

## 2. Режим калібрування еталонної автоколімаційної референтної осі розгорнутого кута $180^\circ$

Проміж парою *EAC-0.2RL* встановлюється призма куб, калібрована на Національному еталоні площинного кута України в двох взаємно перпендикулярних площинах. Її еталонні кути занесені до програмного забезпечення *WARL-180 software*. *WARL-180* вимірює кути між гранями

призми в вертикальній площині та в проекції на горизонтальну площину в режимі реального часу і порівнює вимірні значення з еталонними.



Рис. 7. Калібрування за допомогою призми куб

### 3. Режим калібрування тахеометра або теодоліта

Кут вимірний тахеометром або теодолітом, встановленим проміж двох автоколіматорів *EAC-0.2RL*, на марки, що світяться, теоретично повинен дорівнювати вимірному за допомогою *WARL-180*. Різниця вимірного тахеометром або теодолітом горизонтального та вертикального кута та вимірного *WARL-180* становить їх похибку вимірювань приладом.

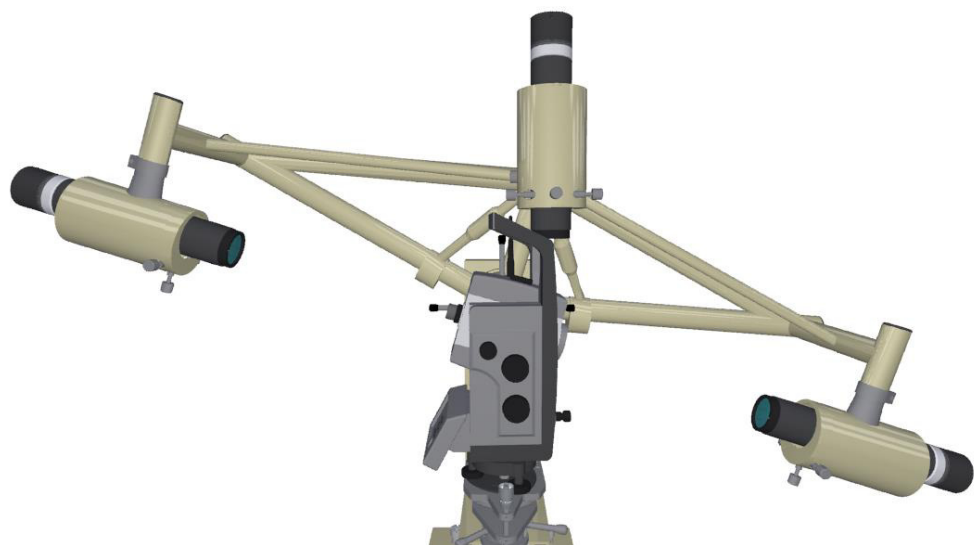


Рис. 8. Тахеометр на *AMRL*

Еталон автоколімаційної референтної осі розгорнутого кута  $180^\circ$  *WARL-180* дозволяє калібрувати тахеометри і теодоліти стандартний відхил вимірювань горизонтальних та вертикальних кутів якими складає  $0,5''$ ,  $1''$  і більше.

**Об'єктом** вимірювань автоколіматора *EAC-0.2RL* можуть бути:

- марка, що світяться, коліматора *C300* або іншого
- марки, що світяться, автоколіматора *EAC-0.2R* або іншого;
- власна марка відбита від будь-якої дзеркальної поверхні;
- освітлені ззовні сітки ниток геодезичних та інших приладів (освітлювач сіток ниток може входити до комплекту *WARL-180*);
- лазерні промені.

Вимірювання можуть виконуватися на декілька об'єктів, які одночасно знаходяться у полі зору *EAC-0.2RL* та не перекриваються.

Референтна вісь формується маркою автоколіматора. Вона спостерігається через оптичні системи будь-яких геодезичних приладів та може використовуватися для їх юстування.

*WARL-180* вирішує **проблему** систематичної похибки вимірювань горизонтального та вертикального кута середнього з двох кругів теодолітів і тахеометрів. Він дозволяє, методом прямого порівняння з еталонним кутом  $180^\circ$ , розширена невизначеність якого не перевищує  $0,3''$ , визначити цю систематичну похибку для тахеометрів, стандартний відхил вимірювань якими складає  $0,5''$ ,  $1''$  і більше.

### **Простежуваність вимірювань та калібрування *WARL-180***

*WARL-180* простежується до національного еталона площинного кута України.

### **Переваги *WARL-180***

- відносно невисока вартість *WARL-180*;
- компактність та невибагливість до зовнішніх умов експлуатації;
- швидке та легке вимірювання з максимально високою точністю;

- придатний для калібрування та юстування всіх типів тахеометрів та теодолітів.

#### **1.4. Еталон вертикальної автоколімаційної референтної осі VERL-90**

**Vertical autocollimation Reference-line measurement standard VERL-90** - призначений для калібрування геодезичних приладів (оптичних, електронно-оптичних та лазерних приладів вертикального проектування та вертикальних каналів лазерних нівелірів).

**Принцип роботи:** *VERL-90* являє собою електронний автоколіматор *EAC-0.2RL* з конструкцією, за якою кутове положення його освітлювального каналу, в автоматичному режимі, вимірюється відносно його вимірювального каналу. Освітлювальний канал *EAC-0.2RL* формує марку, що світиться і направляє енергію світла на горизонтальну поверхню рідини або на горизонтально встановлене пласке дзеркало.

*VERL-90* приймає та обробляє світлові промені від вільної горизонтальної поверхні рідини або дзеркала. Результатом є автоматично виміряні вертикальні кути в двох площинах  $X$  та  $Y$  між віссю світлового променя від об'єкта вимірювань та нормаллю до вільної горизонтальної поверхні рідини або дзеркала.

Таким чином, формується просторова референтна вісь, яка відтворює прямовисну лінію. Автоколіматор *EAC-0.2RL* вимірює відхил від прямовисної лінії у двох площинах  $X$  та  $Y$  для осей оптичних та лазерних приладів вертикального проектування та вертикальних каналів лазерних нівелірів, встановлених під автоколіматором *EAC-0.2RL*.



Рис.9. *VERL-90*

Результати вимірювань виводяться на екран комп'ютера через *USB 2.0* порт майже в режимі реального часу. Висока роздільна здатність *VERL-90* та висока точність вимірювань дозволяє використовувати його в якості еталона вертикальної референтної осі для геодезичних приладів, які відтворюють прямовисну лінію.

**Об'єктом** вимірювань *VERL-90* можуть бути:

- власна марка відбита від горизонтальної поверхні рідини;
- власна марка відбита від будь-якої дзеркальної поверхні;
- освітлені ззовні сітки ниток геодезичних та інших приладів (освітлювач сіток ниток може входити до комплекту *VERL-90*);
- лазерні промені.

Вимірювання можуть виконуватися на декілька об'єктів, які одночасно знаходяться у полі зору *VERL-90* та не перекриваються. Референтна вісь формується маркою автоколіматора, що світиться. Вона спостерігається через оптичні системи будь-яких геодезичних приладів та може використовуватися для їх юстування.

*VERL-90* працює з полірованими поверхнями з дзеркальним покриттям і без нього при коефіцієнтах відбиття не менше 3% і площі поверхні не менше 1 см<sup>2</sup>.

### **Проблеми, які вирішує *VERL-90***

*Проблема 1.* Візирні осі оптичних приладів вертикального проектування та осі лазерних променів вертикальних каналів лазерних нівелірів не є прямовисними.

*Рішення.* *VERL-90* дозволяє, методом прямого порівняння з еталонним кутом, розширена невизначеність якого не перевищує 1", визначити відхили названих осей від прямовисної лінії.

*Проблема 2.* Всі оптичні прилади вертикального проектування та лазерні нівеліри, які мають вертикальні лазерні канали, компенсують нахил їх осі

обертання (систематична та випадкова складові похибки компенсації напряму входять до похибки відтворення вертикальної візирної чи лазерної осі).

*Рішення.* *VERL-90* дозволяє, методом прямого порівняння з еталонним кутом, стандартний відхил якого не перевищує 0,1", визначити цю систематичну та випадкову складову похибки компенсації у всьому діапазоні компенсації.

### **Простежуваність вимірювань та калібрування *VERL-90***

*VERL-90* простежується до еталону вертикального площинного кута від площини горизонту України

#### **Переваги:**

- відносно невисока вартість *VERL-90*;
- компактність та невибагливість до зовнішніх умов експлуатації;
- швидке та легке вимірювання з максимально високою точністю;
- придатний для калібрування та юстування всіх типів тахеометрів, теодолітів та нівелірів.

### 1.5. Влаштування кантувача

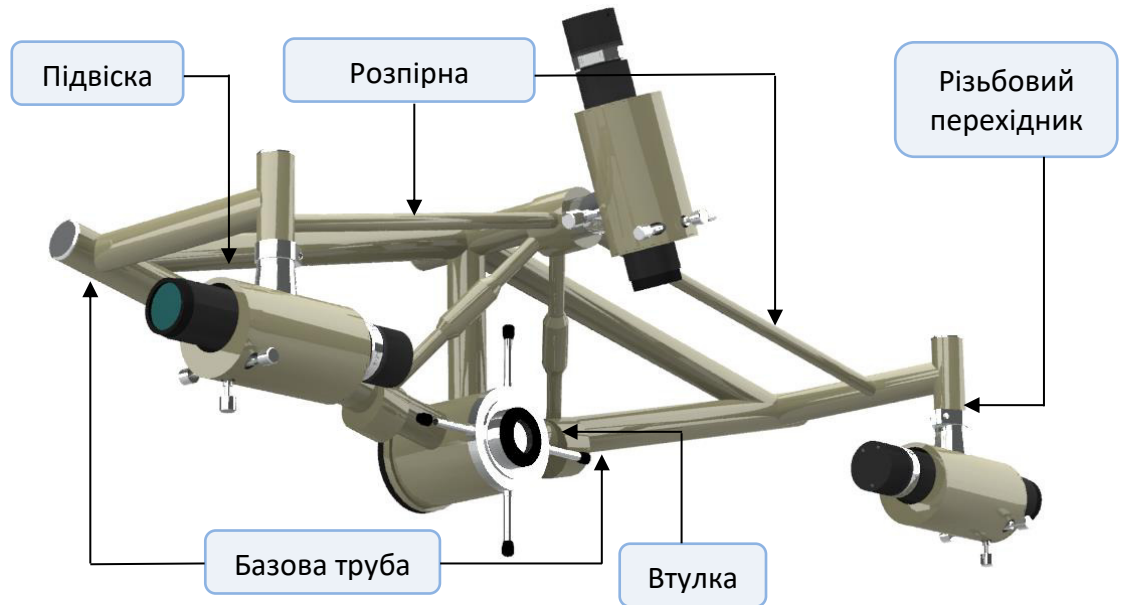


Рис. 10. Будова кантувача

Кантувач являє собою просторову зварену конструкцію яка складається із втулки, приварених до неї розпірних і базових труб. На кінцях базових труб і перетині розпірних труб за допомогою різьбових перехідників кріпляться підвіски із встановленими в них автоколіматорів *EAC-0.2RL*.

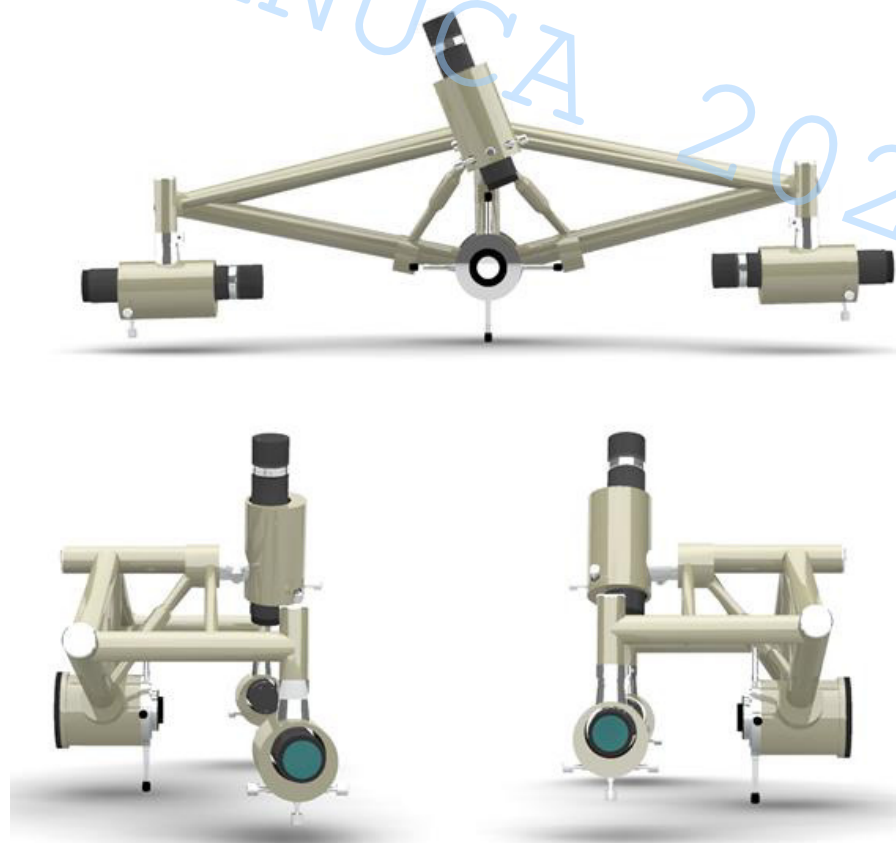


Рис.11. Загальний вигляд кантувача

Втулка кантувача підтискається до осі і фіксується двома гвинтами. В торцевій частині втулки кантувача є кільцева виточка, в яку входить палець обмежувача кута повороту кантувача. Вказівник кута повороту кантувача закріплений на верхній частині фланця втулки. Всередині труб прокладені монтажні дроти живлення лампочок окулярів зорових труб. Торцеві отвори труб кантувача закриті декоративними заглушками.

### 1.6. Влаштування підвісок і автоколіматорів EAC-0.2RL

#### Підвіски

Підвіски являють собою сталеві тонкостінні труби, всередині яких на плоских пружинах встановлені автоколіматори EAC-0.2RL. Положення автоколіматорів EAC-0.2RL регулюється обертанням гвинтів у горизонтальній площині та підвіски у вертикальній площині.

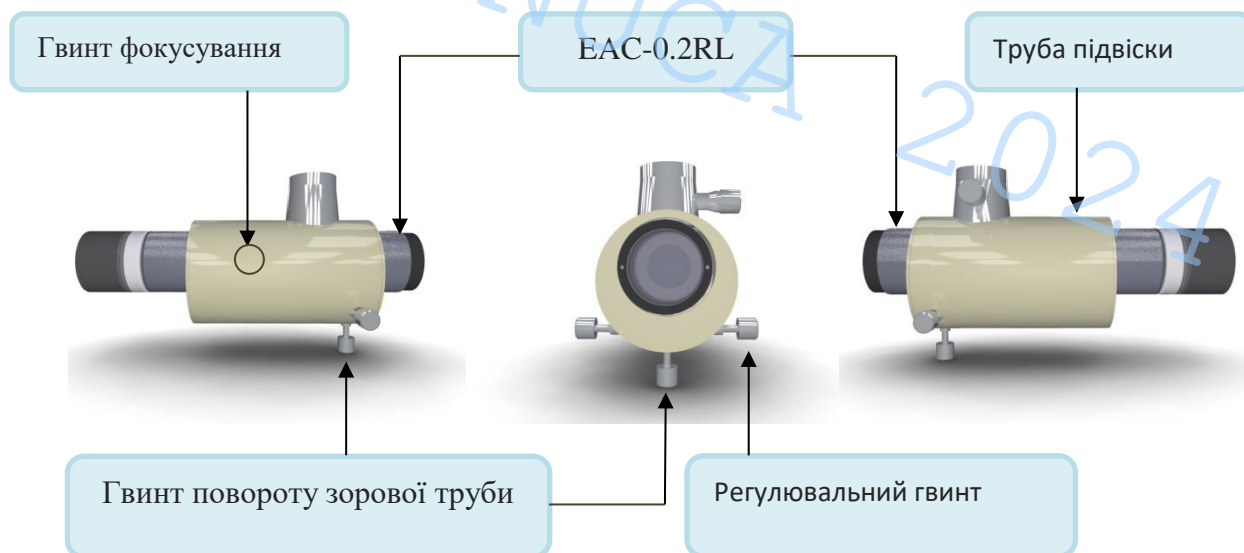
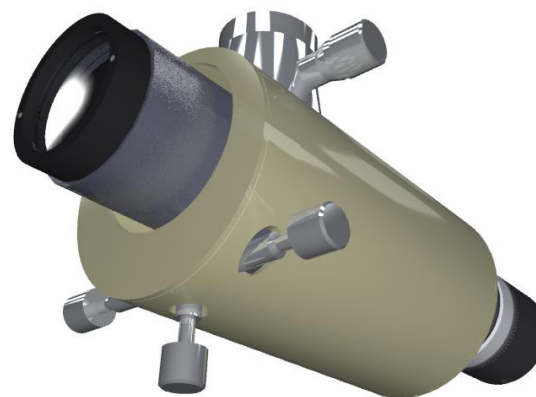


Рис. 13. Будова підвісок

Корпус труби з'єднаний із платформою яка з допомогою гвинтів з'єднана з плоскою пружиною, установленюї в тонкостінній трубї підвіски. Наявність плоскої пружини спеціальною конфігурації дозволяє при обертанні відповідних

регулювальних гвинтів в певних межах юстувати напрямок візирної осі зорової труби в двох напрямках і встановлювати їх співвісно.

З'єднання із мережею електроживлення здійснюється за рахунок двох пружних контактів, вбудованих в корпус. Підвіски у зібраному вигляді встановлюються на різьбі М39 на 1,5 у відповідних стійках кантувача, регулюються по висоті і куту розвороту, чим і досягається їх співвісність. Положення підвісок фіксується з допомогою двох гвинтів.

### **Автоколіматори *EAC-0.2RL***

*Коліматор* – пристрій для отримання паралельних пучків променів світла або інших частинок для імітації так званої «штучної безкінечності», що дозволяє побачити об'єкт (перехрестя, шкалу, точку і т.д.) який реально знаходиться на відстані витягнутої руки від спостерігача як би в безкінечності.

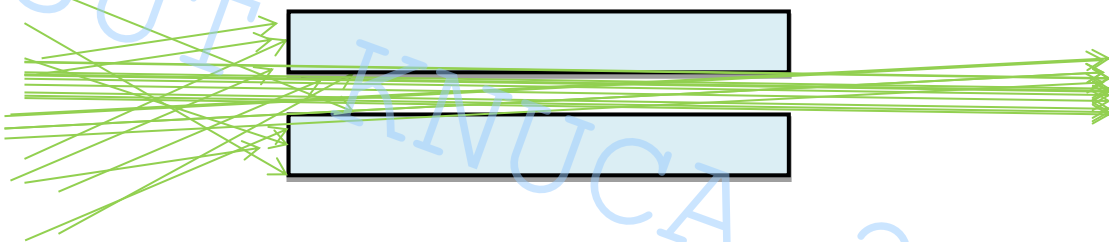


Рис. 14. Найпростіший коліматор

*Автоколіматор* – різновид коліматора із приєднаним до нього автоколімаційним окуляром для освітлення сітки і спостереження її зображення відбитого від дзеркала.

Автоколіматори електронні *EAC-0.2RL* забезпечують можливість вимірювання за двома координатами кутів повороту та нахилу:

- плоских оптичних поверхонь з дзеркальним покриттям і без нього, у тому числі декількох поверхонь складних оптичних виробів в полі зору;
- підсвічених марок інших автоколіматорів та коліматорів;
- освітлених ззовні сіток ниток нівелірів, теодолітів, тахеометрів та інших колімаційних оптичних приладів;
- променів лазерів.

**Принцип роботи.** *EAC-0.2RL* - це електронні автоколіматори сфокусовані на нескінченність. *EAC-0.2RL* формує марку, що світиться і направляє енергію світла на об'єкт вимірювань. Їх електронно-оптична система приймає, а програмне забезпечення обробляє, світлові промені від об'єкта вимірювань. Результатом є автоматично виміряні кути, за умовними кутовими осями X та Y автоколіматора, між віссю світлового променя від об'єкта вимірювань та власним умовним нулем.

GISUT KNUCA 2024

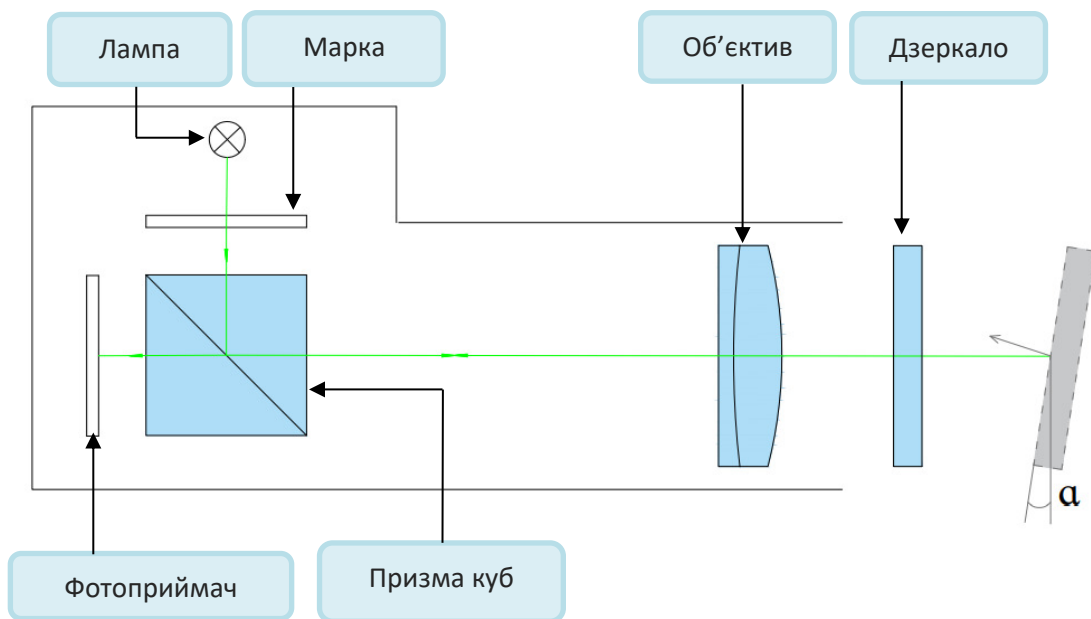


Рис.15. Принципова схема *EAC-0.2RL*

Результати вимірювань виводяться на екран комп'ютера через *USB 2.0* порт майже в режимі реального часу. Висока роздільна здатність *EAC-0.2RL* та висока точність вимірювань дозволяє використовувати його для вимірювань кутів між різними оптичними поверхнями, кутів повороту та нахилу будь-яких оптичних поверхонь в діапазоні вимірювань.

### **1.7. Влаштування предметного стола**

В основі предметного стола пустотілий циліндричний підйомний гвинт із зовнішньою різьбою і шпонковим пазом, який переміщується вертикально при обертанні маховика. Маховик з'єднаний з бронзовою гайкою, яка двома вкладишами з'єднується із нерухомою цангою, закріпленою чотирма болтами на плиті кронштейна. В цанзі розташована шпонка яка не допускає поворот підйомного гвинта під час його руху при обертанні бронзової гайки. Цанга має розрізаний конус і зовнішню, на яку накручується стопорна конічна гайка з чотирма рукоятками, при затягуванні якої цанга стискається і надійно утримує підйомний гвинт на заданій висоті. На верхньому торці гвинта встановлена стаціонарна платформа предметного стола, яка з допомогою двох центрів з'єднується з поворотною платформою. У платформі закріплена мікрометрична

головка з гвинтом мікроподачі, торець якої впирається в кульку, запресовану в стержень регулювального гвинта. Мікрометричний гвинт з різьбою M8x0,5 встановлений в цанговому стеблі з конічною гайкою, при затяжці якої усуваються люфти у примиканні гвинт-стебло.

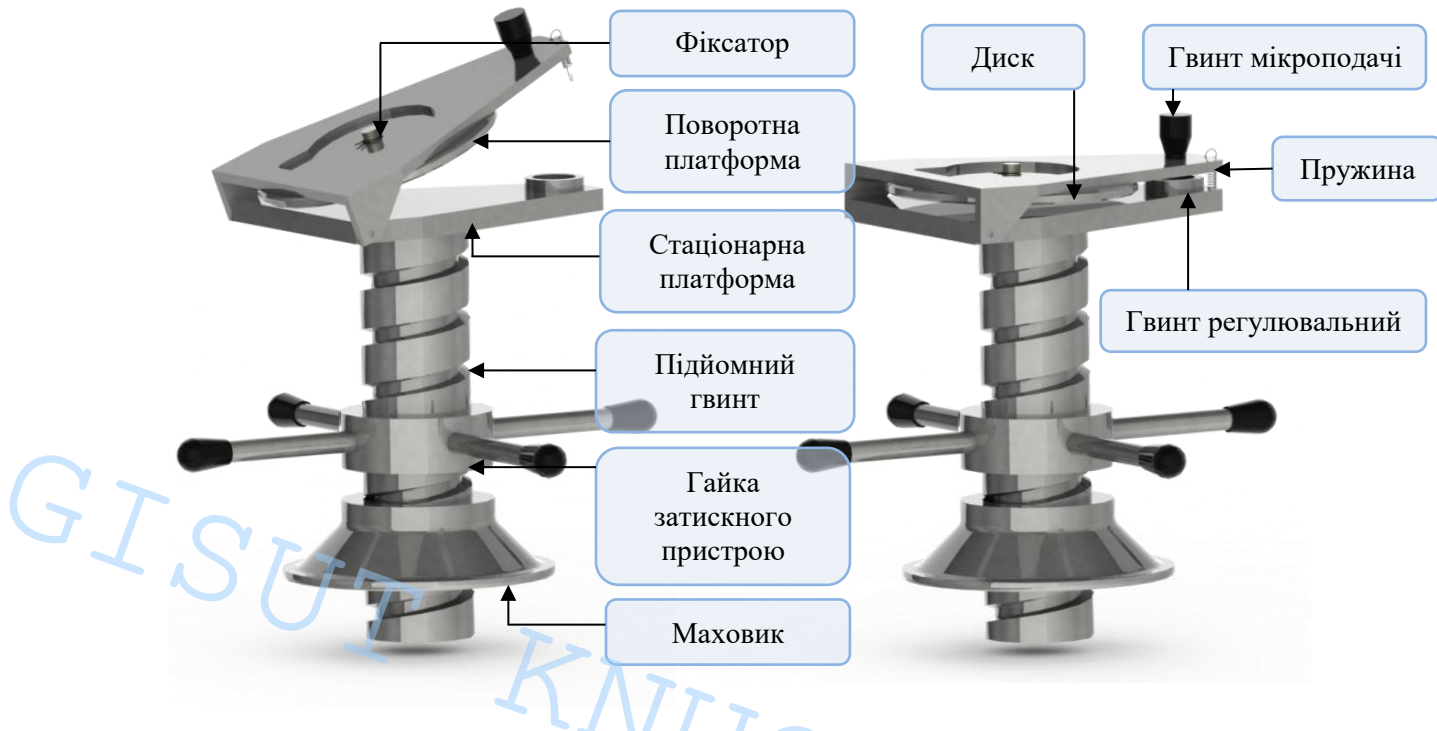


Рис. 16. Будова предметного стола

Регулювальний гвинт на різьбі M12x1.25 встановлений у стаціонарній платформі і фіксується на необхідній висоті стопорним гвинтом. В гнізді поворотної платформи з допомогою фіксатора встановлюється один із трьох суміжних дисків із закріпленими гвинтами з різьбою M16x1,5; M16x2 або 5/8", що відповідають типу різьби в трегері приладу. Обидві платформи стягнуті пружиною.

### **1.8. Електрична система**

Електрична система установки складається із лампочок підсвіток, фотоелектричних перетворювачів, провідників та комутатора.

Лампи підсвіток являють собою діоди високої яскравості типу LED. Фотоелектричний перетворювач сприймає електромагнітні випромінювання та перетворює їх у електричні імпульси та відправляє їх на ПК

Комутатор виконує роль розподільника, до нього підключаються всі пристрої в тому числі з його допомогою виконується зв'язок із ПК.



Рис. 17. Комутатор

### 1.9. Принцип роботи

*AMRL* являє собою комплекс з трьох перерахованих вище еталонів закріплених на одній металевій конструкції. Референтні осі якого формуються чотирма автоколіматорами *EAC-0.2RL*.

Металева конструкція *AMRL* сконструйована та юстована так, що три автоколімаційних референтних осі перетинаються в одній референтній точці *AMRL* (рис.1.19.)

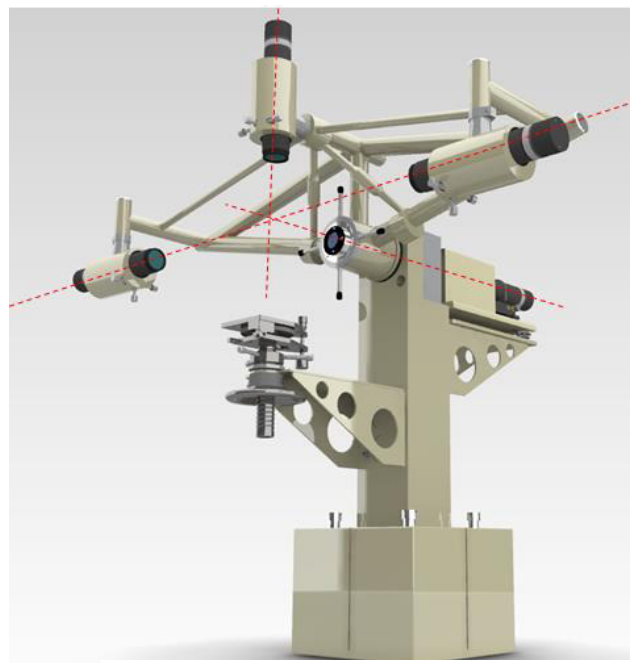


Рис.18. Перетин референтних осей

На цій конструкції закріплений предметний стіл з підйомним механізмом та механічним інклінометром для встановлення на нього геодезичного приладу. Він дозволяє сумістити референтну точку *AMRL* з референтною точкою геодезичного приладу (точкою перетину осей геодезичного приладу) будь-якої висоти – від самого низького нівеліра до самого високого теодоліта чи тахеометра.

Геодезичний прилад закріплюється на предметному столі. Інклінометр дозволяє задати кут нахилу осі обертання будь-якого геодезичного приладу під час дослідження його компенсаторної системи. Для дослідження цієї системи використовується еталон автоколімаційної горизонтальної референтної осі *HORL-0*. Для дослідження компенсаторної системи оптичних та лазерних приладів вертикального проектування використовується еталон вертикальної автоколімаційної референтної осі *VERL-90*, за потреби в парі з *HORL-0*.

Для повного дослідження метрологічних характеристик теодолітів і тахеометрів використовується еталон автоколімаційної горизонтальної референтної осі *HORL-0* та еталон автоколімаційної референтної осі розгорнутого кута  $180^\circ$  *WARL-180*.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АУПНТ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ.

#### 2.1. Метрологічні характеристики *AMRL*

Таблиця 1

Технічна специфікація: метрологічні характеристики *AMRL*

Діапазон вимірювань кутів електронними автоколіматорами <i>EAC-0.2RL</i> : - за координатою <i>X</i> - за координатою <i>Y</i>	$\pm 180''$ $\pm 180''$
Ціна одиниці найменшого розряду	0,01''
Розширена невизначеність ( $k=2$ ) вимірювань кутів за кутовими координатами <i>X</i> та <i>Y</i> електронним автоколіматором <i>EAC-0.2RL</i> під час досліджень компенсаторної системи та інших незалежних вимірювань, не більше	0,2''
Розширена невизначеність ( $k=2$ ) вимірювань вертикальних кутів відносно площини горизонту <i>HORL-0</i> , не більше	0,3''
Розширена невизначеність ( $k=2$ ) вимірювань відхилу від горизонтального та вертикального кута $180^\circ$ <i>WARL-180</i> , не більше	0,3''
Розширена невизначеність ( $k=2$ ) вимірювань вертикальних кутів за кутовими координатами <i>X</i> та <i>Y</i> відносно прямовисної лінії <i>VERL-90</i> , не більше	1''

Технічна специфікація: інші технічні характеристики *AMRL*

Діапазон нахилу референтної осі <i>WARL-180</i> утвореної	від мінус
---	-----------

двома електронними автоколіматорами <i>EAC-0.2RL</i>	40° до 40°
Ціна поділки гвинта мікроподачі механічного інклінометра предметного стола <i>AMRL</i>	2'
Стандартний відхил вимірювань нахилу предметного стола механічним інклінометром за визначення робочого діапазону компенсаторної системи геодезичних приладів, не більше	0,2'
Діапазон вимірювань нахилу осі обертання приладу механічним інклінометром предметного стола за визначення робочого діапазону їх компенсаторної системи	від мінус 1° до 5°
Максимальна висота підйому предметного стола з підйомним механізмом та механічним інклінометром, не менше	110 мм
Напруга електричного живлення за частоти 50±1 Гц	від 187 до 242 В
Споживана потужність, не більше	0,2 Вт 25 ВА
Габаритні розміри, не більше: - довжина - ширина - висота	850 мм 1500 мм 1400 мм
Маса, не більше	140 кг

Для забезпечення високої точності установки необхідно проводити калібрування еталону.

## **2.2. Калібрування еталону**

### **Операції калібрування**

1. Зовнішній огляд
2. Випробування

3. Контроль діапазону вимірювання нахилу візирної осі, утвореної двома автоколіматорами *AMRL*.

4. Визначення ціни найменшої поділки шкали мікроподачі поворотної платформи предметного стола *AMRL*.

5. Контроль середньої квадратичної похибки і діапазону кута нахилу поворотної платформи предметного стола *AMRL* при визначенні діапазону роботи компенсатора геодезичних приладів.

### **Умови проведення калібрування**

При проведенні калібрування повинні бути забезпечені наступні умови:

- температура навколишнього повітря – від 15 °С до 25 °С;
- відносна вологість – від 30 % до 80 %;
- атмосферний тиск – від 84 до 106 кПа;
- живлення від мережі змінного струму напругою  $(220 \pm 10 \%)$  В, частотою  $(50 \pm 1)$  Гц.

### **Проведення калібрування**

#### *Зовнішній огляд*

При проведенні зовнішнього огляду *AMRL* необхідно перевірити відсутність на зовнішніх поверхнях вм'ятин, механічних пошкоджень, які можуть впливати на експлуатаційні властивості. Поверхні повинні мати антикорозійне покриття. Стійка *AMRL* повинна бути надійно закріплена на фундаменті.

#### *Випробування*

Всі рухомі частини, затискні і мікрометричні гвинти повинні переміщуватися плавно, без заїдань і люфтів, надійно закріплюватися стопорними і фіксуєчими гвинтами.

Мікрометричні гвинти для переміщення автоколіматорів у вертикальній і горизонтальній площинах повинні забезпечувати їх плавне переміщення.

При відпущених фіксуєчих гвинтах нахил кантувача в одну та іншу сторони повинні відповідати діапазону кутів нахилу не менше  $\pm 40^\circ$ .

*Визначення ціни найменшої поділки шкали мікроподачі поворотної платформи предметного стола*

Перед початком визначення потрібно зняти диск закріпного гвинта.

Порядок проведення визначення:

1. За допомогою накладного рівня, розташованого по напрямку *HORL-0*, встановити поворотну платформу предметного стола горизонтально, обертаючи гвинт мікроподачі поворотної платформи. (При цьому одна із поділок гвинта мікроподачі і штрих вказівника повинні співпасти.)
2. На поворотну платформу встановити оптичний квадрант *KO-10* так, щоб вісь повздовжнього рівня була розташована по напрямку *HORL-0*.
3. Привести бульбашку квадранта в нуль пункт, зняти відлік  $b^0$  по шкалі лімба квадранта та внести в протокол вимірювань.
4. Нахилити поворотну платформу предметного стола, повертаючи гвинт мікроподачі по ходу годинникової стрілки на чотири повних оберти.
5. Привести бульбашку рівня квадранта в середнє положення, зняти відлік  $b^+$  по шкалі лімба квадранта і внести в протокол вимірювань.
6. Виставити поворотну платформу в початкове (горизонтальне) положення і знову нахилити платформу предметного стола, повертаючи гвинт мікроподачі проти годинникової стрілки, зняти відлік  $b^-$  по шкалі лімба квадранта. Результат занести в протокол вимірювань.

Виконані дії утворюють повний прийом. Необхідно виконати не менше 3-х прийомів.

Ціну поділки шкали гвинта мікроподачі поворотної платформи предметного стола по кожному  $j$ -му прийому визначають по результатах вимірювань по формулах:

$$j_{\tau^+} = \frac{b^+ - b^0}{5 \cdot n}; \quad j_{\tau^-} = \frac{b^0 - b^-}{5 \cdot n}.$$

Де  $n$  – кількість оборотів гвинта мікроподачі в одну сторону.

Ціну поділки шкали гвинта мікроподачі поворотної платформи предметного стола  $\tau$  визначають по формулі:

$$\tau = \frac{\sum_{j=1}^k j \tau^+ + \sum_{j=1}^k j \tau^-}{2 \cdot k}$$

Де  $k$  – кількість прийомів вимірювань.

*Контроль середньої квадратичної похибки і діапазону кута нахилу поворотної платформи предметного стола WARL-180 при визначенні діапазону роботи компенсатора геодезичних приладів.*

Перед початком проведення контролю потрібно зняти диск закріпного гвинта.

Проведення контролю:

1. За допомогою накладного рівня, розташованого по напрямку *HORL-0*, встановити поворотну платформу предметного стола горизонтально, обертаючи гвинт мікроподачі поворотної платформи. При цьому одна із поділок гвинта мікроподачі і штрих вказівника повинні співпасти.
2. На поворотну платформу встановлюють оптичний квадрант *KO-10* так, щоб вісь повздовжнього рівня була розташована по напрямку *HORL-0*.



Рис. 19 Встановлення квадранта на поворотній платформі

3. Привести бульбашку квадранта в середнє положення, встановити відлік по шкалі лімба квадранта кратний  $10'$ .
4. Зняти відлік по шкалі гвинта мікроподачі поворотної платформи предметного стола  $a_o^+$  в поділках шкали, внести в протокол вимірювань.
5. Змінити відлік по шкалі лімба квадранта на  $+10'$  і, нахилиючи поворотну платформу предметного стола гвинтом мікроподачі, привести бульбашку рівня квадранта в нуль пункт.
6. Зняти відлік  $a_1^+$  по шкалі гвинта мікроподачі поворотної платформи предметного стола в поділках шкали і внести в протокол вимірювань.
7. Послідовно змінювати відліки по шкалі лімба квадранта на  $+10'$ , до тих пір, поки шкала гвинта поворотної платформи предметного стола не досягне верхнього максимуму діапазону вимірювань ( $+40'$ ), зняти відліки  $a_i^+$  по шкалі гвинта мікроподачі поворотної платформи предметного стола в поділках шкали, внести в протокол вимірювань.
8. Виставити поворотну платформу предметного стола в початкове (горизонтальне) положення і виконати вимірювання по шкалі лімба квадранта на  $-10'$ , до тих пір поки шкала гвинта поворотної платформи предметного стола не досягне нижньої границі діапазону вимірювань ( $-40'$ ). Занести в протокол вимірювань відліки  $a_i^-$  у поділках шкали гвинта мікроподачі.

Середню квадратичну похибку визначення діапазону роботи компенсатора геодезичних приладів визначають наступним чином.

Обчислюють абсолютні похибки кута нахилу поворотної платформи предметного стола по формулах:

$$\Delta_i = 10' \cdot i - (a_i - a_o) \cdot \tau$$

Де  $\tau$  – ціна поділки шкали гвинта мікроподачі поворотної платформи.

Середню квадратичну похибку визначення діапазону роботи компенсатора геодезичних приладів  $S_y$  визначають за формулою:

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}}$$

Середня квадратична похибка визначення діапазону роботи компенсатора геодезичних приладів не повинна перевищувати 0,51. Максимальне значення абсолютної похибки в нормованому діапазоні вимірювань ( $\pm 40'$ ) не повинно перевищувати 1,0'.

GISUT KNUCA 2024

## РОЗДІЛ 3.

### ПОВІРКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ НА AMRL

#### *3.1. Операції повірки які виконуються на AMRL*

Основні операції повірки:

1. Зовнішній огляд.
2. Перевірка працездатності.
3. Визначення метрологічних характеристик.
4. Оброблення результатів вимірювання.
5. Оформлення результатів повірки.

#### *3.2. Умови проведення повірки*

Під час проведення повірки та калібрування геодезичних приладів в лабораторії повинні бути забезпечені наступні умови:

- температура навколишнього повітря – від 15 °С до 25 °С;
- відносна вологість – від 30 до 80 %;
- атмосферний тиск – від 84 до 106 кПа;
- живлення від мережі змінного струму напругою (220 ± 10 %) В, частотою (50 ± 1) Гц.

Зміна температури за час повірки ЗВТ в лабораторії не повинна перевищувати 2°С.

- Температура навколишнього повітря в полі для тахеометрів класів точності В6, В10 та С30 – від мінус 25 °С до 40 °С.
- Температура навколишнього повітря в полі для тахеометрів класів точності А1 та А2 – від мінус 10 °С до 40 °С.
- Температура навколишнього повітря в полі для оптичних нівелірів класів точності А05 та А1 – від мінус 10 до 40°С, електронних – від 0 °С до 30 °С.

- Температура навколишнього повітря в полі для оптичних нівелірів класів точності В6, В10 та С30 – від мінус 25 до 40°C, електронних – від мінус 10 °С до 40 °С.

Умови проведення повірки мають бути задокументовані в протоколі повірки.

### ***3.3. Проведення повірки. Зовнішній огляд та працездатність***

#### *Зовнішній огляд*

Зовнішній огляд проводять візуально.

Виявлення зовнішніх пошкоджень приладу та його оптики, які впливають на працездатність, дефектів відлікового пристрою, зчитування маркування, корозії та дефектів на корпусі, дефектів табло індикації для електронних пристроїв.

Комплектність приладів повинна відповідати зазначеній у паспорті.

#### *Перевірка працездатності*

Алідада й труба техеометра чи теодоліта, а також навідні гвинти мають обертатися плавно, без заїдань. Алідаду й трубу потрібно надійно закріплювати відповідними гвинтами (за наявності).

Нівелір, його навідний та елеваційний гвинти, барабан мікрометра (за наявності) мають обертатися плавно, без заїдань.

### 3.4. Визначення метрологічних характеристик нівелірів оптико-механічних та електронних.

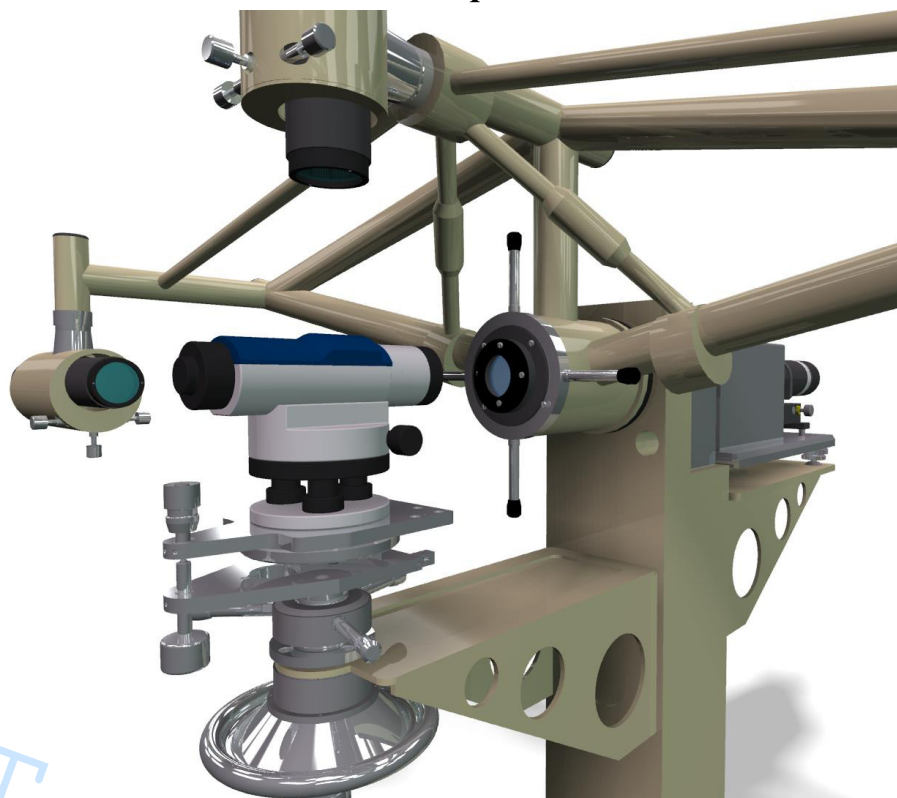


Рис. 20. Нівелір на еталоні

1. Контроль положення бульбашки установчого рівня нівеліра (та його юстування)

*Методика виконання:* привести бульбашку рівня за допомогою підймальних гвинтів в нуль-пункт, повернути трубу нівеліра на  $180^\circ$ , оцінити відхилення бульбашки від нуль-пункту.



Рис. 21. Юстування циліндричного рівня

Виконати юстування, якщо відхилення бульбашки перевищує половину поділки (половину зміщення виправити підйомними гвинтами трегера, половину – юстувальними гвинтами рівня).

Результати документують в протоколі.

2. Контроль положення бульбашки циліндричного рівня нівеліра (та його юстування).

*Методика виконання:* повертаючи нівелір, встановити циліндричний рівень у напрямку двох підймальних гвинтів трегера; обертаючи підйомні гвинти в протилежних напрямках, вивести бульбашку в нуль-пункт; повернути на  $90^\circ$  і третім підйомним гвинтом привести бульбашку рівня в нуль-пункт; повернути нівелір на  $180^\circ$  та оцінити відхилення бульбашки від середнього положення.

Виконати юстування в випадку, коли відхилення бульбашки перевищує допустиме значення (половину зміщення виправити підйомними гвинтами трегера, половину – юстувальними гвинтами рівня).

Результати документують в протоколі.

3. Контроль нахилу сітки ниток зорової труби нівеліра (та її юстування).

*Методика виконання:* наближено навести зорову трубу нівеліра на автоколімаційну марку *HORL-0*, сумістити зображення центра перехрестя марки з лівим кінцем горизонтальної нитки сітки ниток нівеліра; повернути нівелір навідним гвинтом до правого кінця горизонтальної нитки сітки ниток нівеліра; оцінити відхилення сутки ниток нівеліра і її правому положенні від зображення центра перехрестя марки *HORL-0*.

Виконати юстування, якщо відхилення від центру сітки *HORL-0* перевищує три ширини сітки ниток нівеліра.

Результати документують в протоколі.

4. Контроль кута розугодженості візирної осі нівеліра й площини горизонту (та його юстування).

*Методика виконання:* навести зорову трубу на марку *HORL-0*; сумістити зображення вертикальної нитки марки з вертикальною ниткою сутки ниток нівеліра; надягнути на окуляр нівеліра підсвітку; за допомогою програми виконати вимірювання кута розугодженості *i*.

Юстування виконується в разі, якщо розугодженість  $i$  більша за допустиме значення.

Результати документують в протоколі.

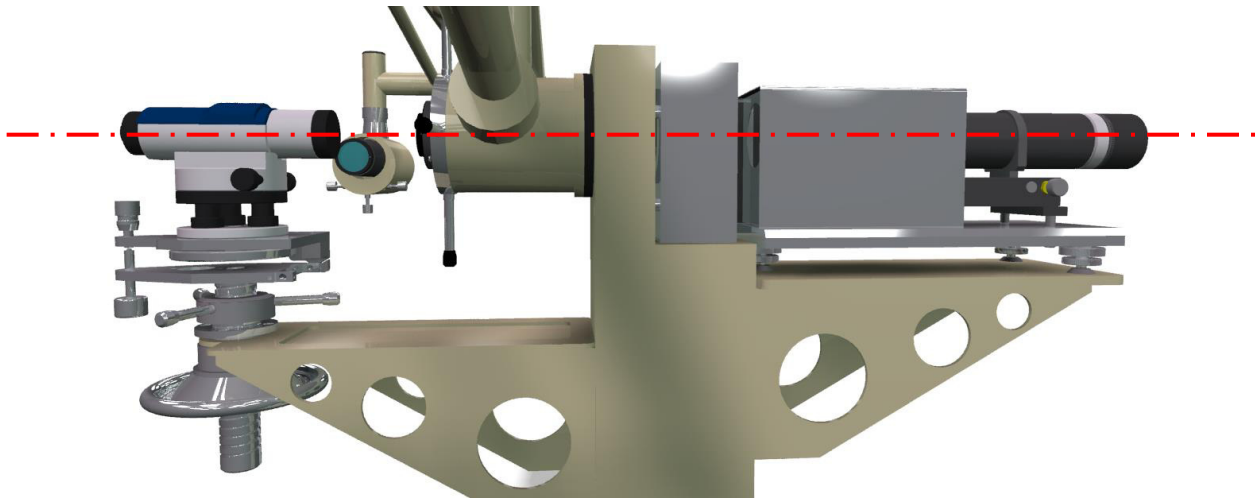


Рис. 22. Вимірювання при повірці нівеліра

5. Контроль правильності встановлення циліндричного контактного рівня нівеліра (та його юстування).

*Методика виконання:* встановити нівелір так, щоб один з підйомних гвинтів трегера був спрямований на *HORL-0* та навести нівелір на *HORL-0*, сумістити за допомогою елеваційного гвинта кінці бульбашки рівня в лівому вікні поля зору нівеліра; сумістити зображення вертикальної нитки марки з вертикальною ниткою сітки нівеліра; задати бічний нахил осі нівеліра, наведення на автоколімаційну марку повинно зберегтися; оцінити відхилення кінців бульбашки.

Виконати юстування, якщо кінці бульбашки розійшлись більше ніж на допустиме значення.

Результати документують в протоколі.

6. Вимірювання при визначенні систематичної похибки роботи компенсатора під час нахилення осі обертання нівеліра. Вимірювання під час визначення СКП роботи компенсатора.

*Методика виконання:* навести зорову трубу на марку *HORL-0*; сумістити зображення вертикальної нитки марки з вертикальною ниткою сутки ниток

нівеліра; надягнути на окуляр нівеліра підсвітку; за допомогою програми виконати вимірювання кута розугоженості  $i$ ; нахилити гвинтом предметний стіл у діапазоні від початкового положення до верхньої межі роботи компенсатора; виміряти кути розугоженості через кожні 2 мінuti нахилення предметного стола; повторити процедуру в оберненому напрямку.

Результати документують в протоколі.

7. Вимірювання під час визначення ціни поділки оптичного мікрометра (для нівелірів з оптичних мікрометром).

*Методика виконання:* закріпити на відстані близько 10 м від нівеліра вимірювальну металеву лінійку; елеваційним гвинтом сумістити кінці бульбашки рівня в лівому вікні поля зору нівеліра; навести бісектор сітки ниток на штрих вимірювальної металеві лінійки та зняти відлік по шкалі мікрометра; повторити вимірювання для 9 послідовних штрихів лінійки.

Результати документують в протоколі.

8. Вимірювання при визначенні СКП вимірювання нівеліром перевищення на 1 км подвійного нівелірного ходу.

*Методика виконання:* встановити нівелір у створі між двома нівелірними рейками, розташованими на відстані 40-50 м для високоточних і 80-100 м для точних і технічних нівелірів; привести нівелір в робоче положення і  $n$  разів зняти перевищення між рейками; горизонт приладу необхідно змінювати перед кожним прийомом вимірювань не менше ніж 10мм від попереднього положення.

Результати документують в протоколі.

9. Вимірювання при визначенні СКП вимірювань відстаней.

*Методика виконання:* нівелір встановити на базову точку польового компаратора на відстанях 5, 10, 20 і 50 метрів; виконати не менше ніж три вимірювання відстані до вказаних точок.

Результати документують в протоколі.

### 3.5. Визначення метрологічних характеристик теодолітів

1. Контроль положення бульбашки циліндричного рівня (та його юстування).

*Методика виконання:* повертаючи алідаду теодоліта встановити циліндричний рівень у напрямку двох підйомних гвинтів трегера; привести бульбашку рівня в нуль-пункт; повернути алідаду теодоліта на  $90^\circ$  і, обертаючи третій підйомний гвинт, привести бульбашку рівня і нуль-пункт; повернути алідаду на  $180^\circ$  та оцінити відхилення бульбашки.

Виконати юстування, якщо відхилення бульбашки перевищує допустиме значення.

2. Контроль нахилу сітки ниток зорової труби (та його юстування).

*Методика виконання:* навести зорову трубу теодоліта на автоколімаційну марку HORL-0 та сумістити зображення центра перехрестя марки з лівим кінцем горизонтальної нитки сітки ниток; повернути алідаду теодоліта та оцінити відхилення сітки ниток приладу в її правому положенні від центра перехрестя марки.

Виконати юстування, якщо відхилення центру перехрестя сутки перевищує допустиме значення (три ширини сітки ниток).

Результати документують в протоколі.

3. Контроль встановлення циліндричного рівня при зоровій трубі теодоліта (та його юстування).

*Методика виконання:* навідним гвинтом навести зорову трубу теодоліта на автоколімаційну марку HORL-0 та оцінити відхилення положення бульбашки від нуль-пункту.

Виконати юстування, якщо відхилення бульбашки перевищує допустиме значення.

Результати документують в протоколі.

4. Вимірювання при визначенні діапазону роботи компенсатора теодоліта, СКП роботи компенсатора і систематичної складової

похибки роботи компенсатора на одну мінуту нахилу вертикальної осі обертання (для теодолітів з компенсатором).

*Методика виконання:* підготувати HORL-0 до роботи, навести зорову трубу на автоколімаційну марку HORL-0, встановити по вертикальному кругу відлік  $0^\circ$  або  $90^\circ$ ; виміряти кут нахилу візирної осі теодоліта; нахилити гвинтом предметний стіл від початкового положення до верхньої межі діапазону компенсатора за допомогою гвинта мікроподачі в прямому та зворотньому напрямку через кожну мінуту нахилу кожного разу відновлюючи відлік за вертикальним кругом; кожного разу вимірювати кут нахилення візирної осі.

Результати документують в протокол.

5. Вимірювання при визначенні технічних та метрологічних характеристик (для оптико-механічних теодолітів з одnobічною системою відлічування).

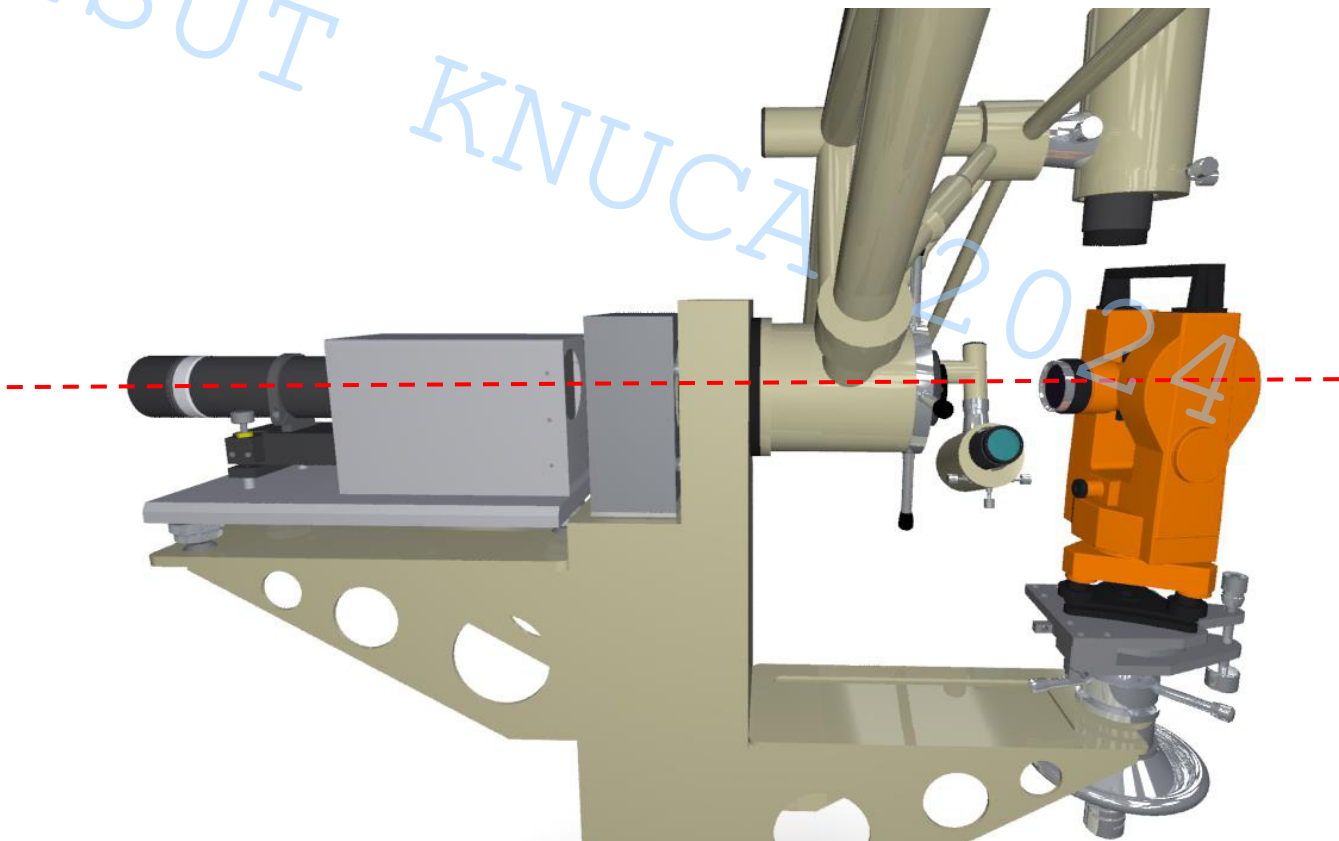


Рис. 23. Теодоліт на установці

*Методика виконання:* зорієнтувати  $0^\circ$  лімба теодоліта на HORL-0 по КЛ;

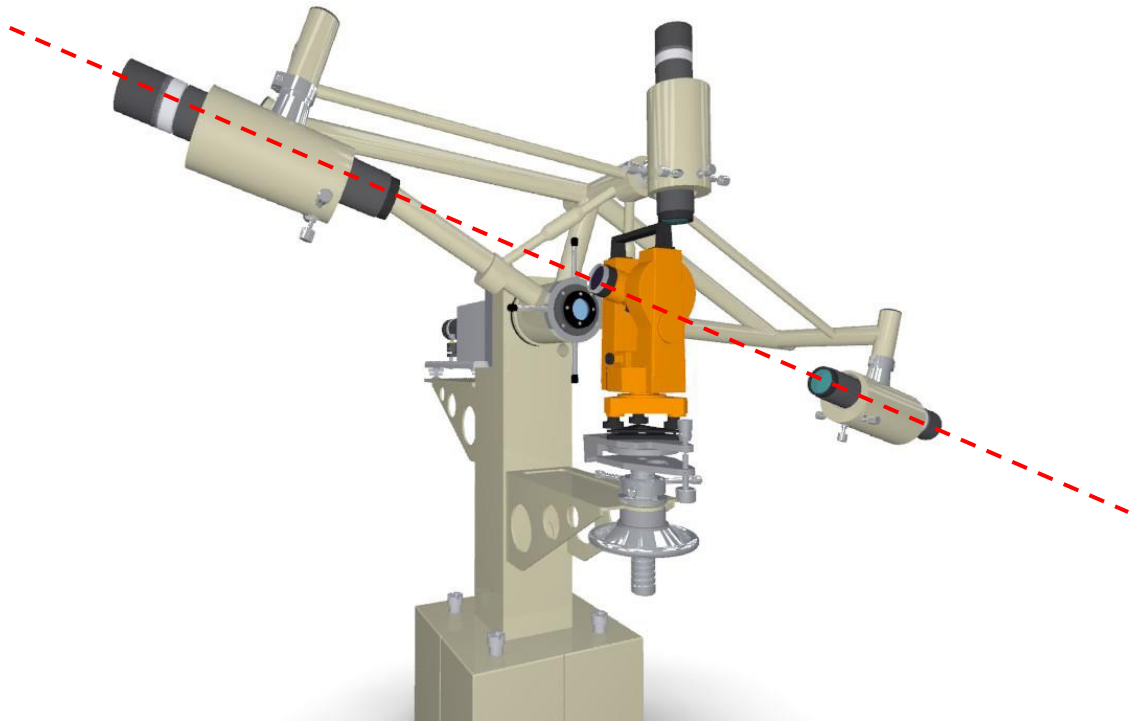


Рис.24. Вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів виконати перший цикл вимірювань горизонтальних напрямів та вертикальних кутів на марки AMRL; не чіпаючи алідаду, повернути відлік по лімбу  $180^\circ$  у напрямку на HORL-0 при КЛ; виконати другий цикл вимірювань; після завершення другого циклу вимірювань повернути трубу на  $180^\circ$  через зеніт, розвернути прилад на предметному столі на  $180^\circ$ ; виконати третій цикл вимірювань.

Результати документують в протокол.

6. Вимірювання при визначенні технічних та метрологічних характеристик (для оптико-механічних теодолітів з двобічною системою відлічування).

*Методика виконання:* зорієнтувати  $0^\circ$  лімба теодоліта на HORL-0 по КЛ; виконати перший цикл вимірювань горизонтальних напрямів кутів на марки AMRL; виконати ще два повних цикла з перестановкою лімба горизонтального круга через  $60^\circ$ , встановити відліки на HORL-0  $60^\circ$  та  $120^\circ$ ; зорієнтувати  $0^\circ$  лімба теодоліта на HORL-0 по КЛ; виконати три повних цикла вимірювань з перестановкою лімба горизонтального круга через  $60^\circ$ , встановити відліки на HORL-0  $180^\circ$   $240^\circ$  та  $300^\circ$ ; виконати шість повних циклів вимірювань вертикальних кутів.

Результати документують в протокол.

7. Вимірювання при визначенні технічних та метрологічних характеристик (для електронних теодолітів).

*Методика виконання:* зорієнтувати  $0^\circ$  лімба теодоліта на HORL-0 по КЛ; виконати перший цикл вимірювань горизонтальних напрямів та вертикальних кутів на марки AMRL; виконати шість повних циклів вимірювань горизонтальних напрямів, повертаючи теодоліт разом з трегером на  $60^\circ$ , після кожного циклу вимірювань.

Результати документують в протокол.

8. Вимірювання при визначенні максимального впливу рену горизонтального та вертикального кругів на вимірний кут теодолітом (для оптико-механічних теодолітів зі штриховим або шкаловим мікроскопом).

*Методика виконання:* навідним гвинтом алідади точно сумістити штрих горизонтального чи вертикального лімба нульовим штрихом мікроскопа й виконати відлік по шкалі мікроскопа напроти штриха лімба; відповідні вимірювання виконати в прямому і зворотному напрямку на таких установках алідади горизонтального круга –  $0^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 240^\circ, 300^\circ$  та алідади вертикального круга –  $5^\circ, 0^\circ, 5^\circ, 175^\circ, 180^\circ, 185^\circ$ .

Результати документують в протокол.

### **3.6. Визначення метрологічних характеристик тахеометрів**

1. Контроль положення бульбашки циліндричного рівня (та його юстування)

*Методика виконання:* повертаючи алідаду тахеометра, встановити циліндричний рівень у напрямку двох підйомних гвинтів трегера; обертаючи підйомні гвинти в протилежних напрямках, привести бульбашку рівня в нуль-пункт; повернути алідаду тахеометра на  $180^\circ$  та оцінити відхилення бульбашки від центру.

Юстування виконується в випадку коли відхилення бульбашки перевищує допустиме значення (половину зміщення виправити підйомним гвинтом трегера, половину – юстувальними гвинтами рівня).

## 2. Контроль нахилу сітки ниток зорової труби (та його юстування)

*Методика виконання:* навести зорову трубу тахеометра на перехрестя автоколімаційної марки HORL-0; сумістити зображення центра перехрестя марки з лівим кінцем горизонтальної сутки ниток тахеометра; повернути алідаду тахеометра та оцінити відхилення сітки ниток тахеометра в її правому положенні від центра перехрестя марки.

Виконати юстування, якщо відхилення центру перехрестя сутки перевищує допустиме значення (три ширини сітки ниток).

## 3. Вимірювання під час визначення діапазону роботи компенсатора тахеометра, СКП роботи компенсатора та систематичного складника похибки роботи компенсатора на одну мінуту нахилення осу обертання тахеометра

*Методика виконання:* підготувати AMRL до виконання вимірювань; навести зорову трубу на автоколімаційну марку HORL-0 та встановити по вертикальному кругу тахеометра відлік  $0^\circ$  або  $90^\circ$ ; виміряти кут нахилу візирної осі тахеометра; нахилити гвинтом предметний стіл від початкового положення до верхньої межі діапазону компенсатора за допомогою гвинта мікроподачі в прямому та зворотньому напрямку через кожну мінуту нахилу кожного разу відновлюючи відлік за вертикальним кругом; кожного разу вимірювати кут нахилення візирної осі.

Результати документують в протокол.

## 4. Контроль суміщення осі оптичного виска з вертикальною віссю обертання тахеометра (та його юстування).

*Методика виконання:* закріпити тахеометр на предметному столі й привести його вісь обертання в прямовисне положення; відпустити гайку, яка затискає коліматор, для перевірки оптичних висків і ввести перехрестя сітки ниток коліматора в центр сітки ниток виска, затиснути гайку; повернути алідаду

тахеометра на  $180^\circ$  та оцінити зміщення зображення перехрестя марки коліматора відносно центра сітки ниток.

Юстування виконується, якщо відхилення центра сітки ниток виска перевищує допустиме значення.

Результати документують в протокол.

5. Вимірювання під час визначення технічних і метрологічних характеристик тахеометра – колімаційної похибки  $C$ , місця нуля  $M_0$  чи місця зеніту  $MZ$  вертикального круга, впливу ексцентриситету аліади на вимірюваний кут, СКП вимірювань горизонтальних і вертикальних кутів.

*Методика виконання:* Підготувати установку  $AMRL$  і тахеометр до роботи відповідно до експлуатаційної документації та встановити відлік за горизонтальним кругом тахеометра  $0^\circ$  під час його наведення на еталон горизонтальної референтної осі по КЛ; виконати перший прийом вимірювань горизонтальних напрямів та вертикальних кутів на марки  $HORL-0$  та  $WARL-180$ ;

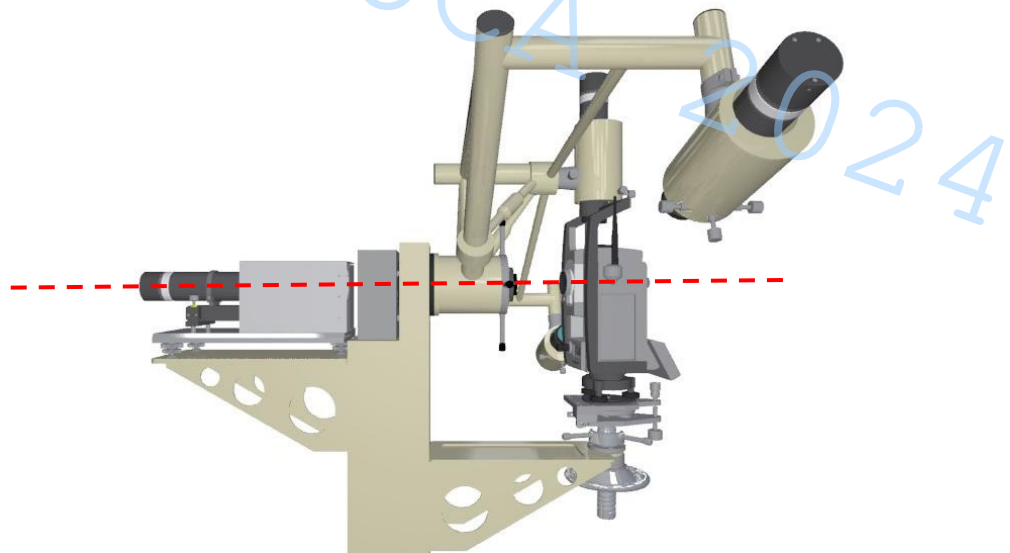


Рис. 25. Тахеометр на установці

вимірювання за КЛ та КП становлять один повний цикл вимірювань; виконати шість повних циклів вимірювань;

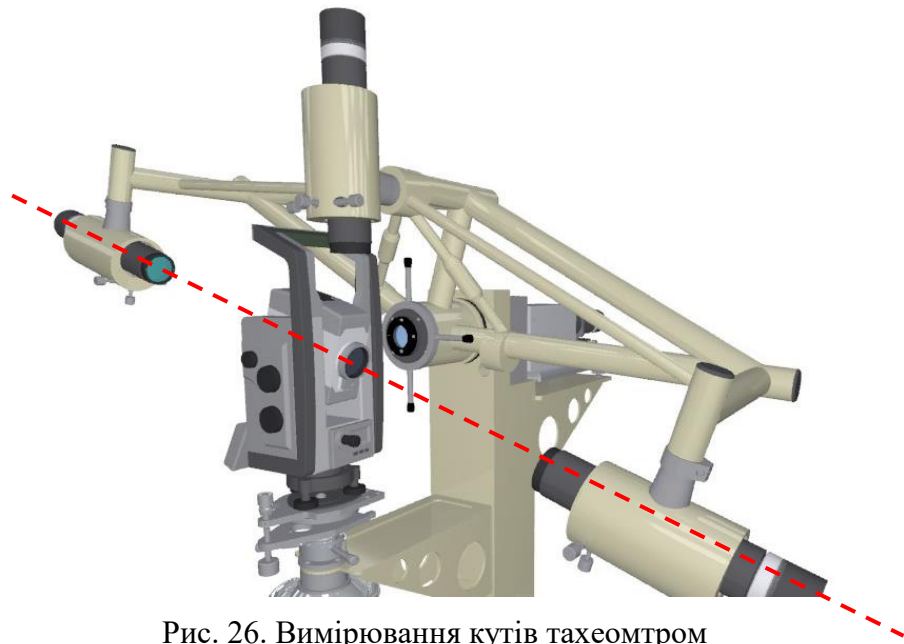


Рис. 26. Вимірювання кутів тахеометром

для виявлення впливу ексцентриситету алідади на вимірюваний горизонтальний кут після кожного циклу вимірювань повернути тахеометр разом із трегером на  $60^\circ$  проти годинникової стрілки.

Результати документують в протокол.

6. Вимірювання під час визначення константи комплекту тахеометр – відбивач

*Методика виконання:* для проведення вимірювань під час визначення константи комплекту тахеометр – відбивач методом порівняння вимірюної відстані з еталонним значенням слід встановити тахеометр на поділку «0 м» вимірювальної стрічки та привести прилад в робоче положення; встановити відбивач на поділку «10 м» та привести в робоче положення; виконати не менше ніж 5 вимірювань відстані від тахеометра до відбивача.

Результати документують в протокол.

7. Вимірювання під час визначення СКП вимірювань відстаней

*Методика виконання:* встановити тахеометр на базову точку польового компаратора та привести в робоче положення; встановити режим вимірювання відстаней тахеометра – «на призму»; виконати вимірювання параметрів навколишнього середовища та занести дані в пам'ять тахеометра; виконати

вимірювання висоти тахеометра та висот відбивачів; виконати вимірювання тахеометром зенітної відстані на кожний відбивач; виконати не менше ніж 10 вимірювань нахиленої відстані до кожного відбивача.

Результати задокументувати в протоколі.

В разі якщо тахеометром передбачені режими вимірювань на плівку та/або без відбивача, необхідно повторити комплекс вище зазначених операцій для відповідних режимів.

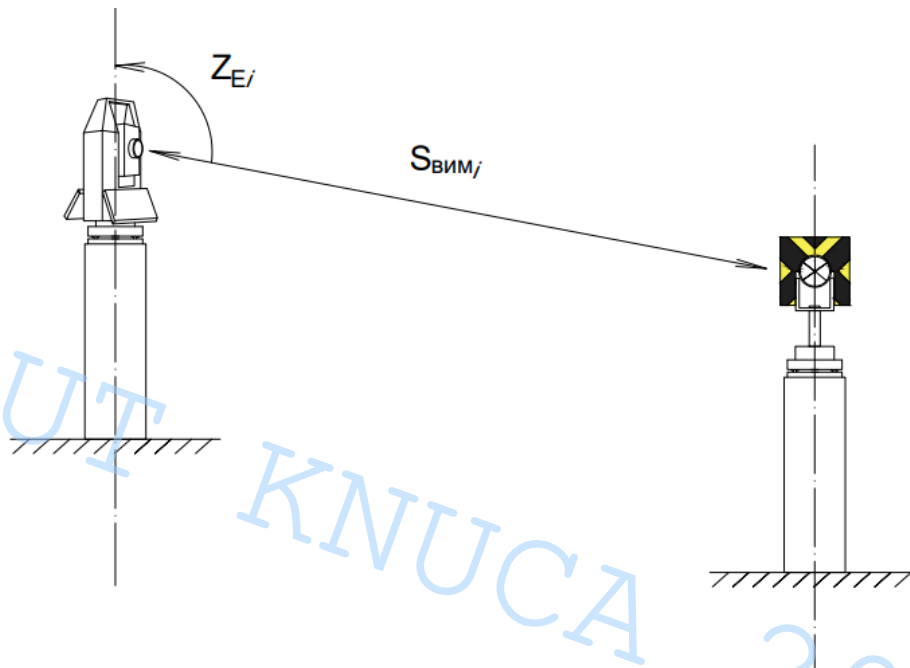


Рис. 27. Схема вимірювань на призму

### 3.7. Обробка результатів вимірювання

Таблиця «Обробка результатів вимірювання при повірці нівелірів»

<p>Обчислення систематичної похибки роботи компенсатора на одну мінуту нахилення осі обертання нівеліра</p>	$\delta_{k_{max}} = \max \left\{ \frac{\delta_{k_i}^+ + \delta_{k_i}^-}{2} \right\}$ $\delta_{k_i} = \frac{i_i - i_0}{\alpha_i}$
<p>СКП роботи компенсатора</p>	$S_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(i_{ni} - i_{zi})^2}{2 \cdot n}}$

Обчислення ціни поділки оптичного мікрометра нівеліра	$c = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n}$ $d_i = a_{ci} - a_{ci-1}$ $c_i = \frac{d_i^0}{d_i}$
СКП вимірювання перевищень на станції	$S_{CT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - h_{ms})^2}{n_{CT}}}$
СКП вимірювань нівеліром перевищення на 1 км подвійного нівелірного ходу	$S_{1KM} = S_{CT} \cdot \sqrt{\frac{n_{CT,1KM}}{2}}$
Контроль СКП вимірювання відстаней	$\Delta S_i = S_{ВИМ.і} - S_i$

Таблиця. Обробка результатів вимірювання при повірці теодолітів

Визначення діапазону роботи компенсатора тахеометра, СКП роботи компенсатора, нахилення вертикальної осі обертання тахеометра	$\delta_{k_i} = \frac{b_i - b_0}{\alpha_i}$ $\delta_{k_{max}} = \max \left\{ \frac{\delta_{k_i}^+ + \delta_{k_i}^-}{2} \right\}$ $S_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(b_{ni} - b_{zi})^2}{2 \cdot n}}$
Визначення максимального впливу рену на виміряний теодолітом кут	$r = A - \mu$ $r_H = (a - b) + \frac{\mu}{2}$ $r_B = (a - c) + \frac{\mu}{2}$ $r = \max \left\{ \frac{(r_H + r_B)}{2} \right\}$

Таблиця. Визначення колімаційної похибки, місця нуля (місця зеніту) вертикального круга, неперпендикулярності осі обертання зорової труби до осі обертання тахеометра.

Номер прийому, положення алідади ГК	Об'єкт наведення	Круг	Відліки по горизонтальному кругу		С	Горизонтальні напрямки, приведені до «0»		Відліки по вертикальному кругу		M0(MZ)	Вертикальні кути	
			°	'		°	'	°	'		'	°
1 – 3(6)	HORL-0 (А)	КЛ	$N_{A_i}^{КЛ}$		$C_{A_i}$	$0^{\circ}00,0'$		$V_{A_i}^{КЛ}$		$MO_{A_i}$	$\nu_{A_i}$	
		КП	$N_{A_i}^{КП}$					$V_{A_i}^{КП}$				
	Правий колім. (П)	КЛ	$N_{A_i}^{КЛ}$		$C_{P_i}$	$\beta_{P_i}$		$V_{A_i}^{КЛ}$		$MO_{P_i}$	$\nu_{P_i}$	
		КП	$N_{A_i}^{КП}$					$V_{A_i}^{КП}$				
	Лівий колім. (Л)	КЛ	$N_{A_i}^{КЛ}$		$C_{L_i}$	$\beta_{L_i}$		$V_{A_i}^{КЛ}$		$MO_{L_i}$	$\nu_{L_i}$	
		КП	$N_{A_i}^{КП}$					$V_{A_i}^{КП}$				
Середнє	HORL-0 (А)		—		$C_{A_{cp}}$	$0^{\circ}00,0'$		—		$MO_{A_{cp}}$	$\nu_{A_{cp}}$	
	Правий колім.(П)		—		$C_{P_{cp}}$	$\beta_{P_{cp}}$		—		$MO_{P_{cp}}$	$\nu_{P_{cp}}$	
	Лівий колім.(Л)		—		$C_{L_{cp}}$	$\beta_{L_{cp}}$		—		$MO_{L_{cp}}$	$\nu_{L_{cp}}$	

Таблиця. Обчислення максимального впливу ексцентриситету алідади, ексцентриситету вертикального круга, СКП вимірювань горизонтальних і вертикальних кутів для теодолітів з однобічною системою відлічування

Номер прийому, положення лімба і алідади ГК	Об'єкт наведення	Різниці напрямків (кутів) на коліматори		Розрахунок впливу ексцентриситету алідади на виміряний кут	
		горизонтальні кути	вертикальні кути	горизонтального круга	алідади
1 0° 0°	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_1} = \nu_{A_1}$	$\varepsilon_{Y_{ГК}} = \frac{C_{A_2} - C_{A_1}}{2}$	$\varepsilon_{Y_A} = \frac{C_{A_3} - C_{A_1}}{2}$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_1} = \beta_{П_1} -$	$\Delta_{\nu_1} = \nu_{П_1} + \nu_{Л_1}$		
	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_1} + 180^\circ$			
2 60° 60°	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_2} = \nu_{A_2}$	$\varepsilon_{X_{ГК}} = \frac{\Delta_{\beta_2} - \Delta_{\beta_1}}{2}$	$\varepsilon_{X_A} = \frac{\Delta_{\beta_3} - \Delta_{\beta_1}}{2}$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_2} = \beta_{П_2} -$	$\Delta_{\nu_2} = \nu_{П_2} + \nu_{Л_2}$		
	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_2} + 180^\circ$			
3 120° 120°	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_3} = \nu_{A_3}$	$\varepsilon_A = \sqrt{\varepsilon_{X_A}^2 + \varepsilon_{Y_A}^2}$	$\varepsilon_{ГК} = \sqrt{\varepsilon_{X_{ГК}}^2 + \varepsilon_{Y_{ГК}}^2}$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_3} = \beta_{П_3} -$	$\Delta_{\nu_3} = \nu_{П_3} + \nu_{Л_3}$		
	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_3} + 180^\circ$			
Середнє	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_{cp}} = \nu_{A_{cp}}$	Максимальний вплив ексцентриситету алідади на виміряний кут	
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_{cp}} = \theta_{пр}$	$\Delta_{\nu_{cp}} = \nu_{П_{cp}} + \nu_{Л_{cp}}$		

	Лівий колім.(Л)			$\varepsilon_{\beta} = \varepsilon_{ГК} + \varepsilon_{А}$
Неперпендикулярність осі обертання труби до осі обертання аліади				$\beta_0 = \frac{C_{Л_{cp}} - C_{П_{cp}}}{2 \cdot \operatorname{tg} \nu_{П_{cp}}}$
Максимальний вплив ексцентриситету вертикального круга на вимірний кут				$\varepsilon_{\alpha} = \frac{\Delta_{V_{cp}}}{2 \cdot \cos \alpha_{П_{cp}}}$
СКП вимірювання горизонтальних кутів				$S_{\beta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{\beta_i}^2}{2k}}$
СКП вимірювання вертикальних кутів				$S_{\alpha} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot \sum_{i=1}^n \Delta_{v_i}^2 +}{3k}}$

GISUT  
КНУСА  
2024

Таблиця. Обчислення максимального впливу ексцентриситету алідади, ексцентриситету вертикального круга, СКП вимірювань горизонтальних і вертикальних кутів для теодолітів з двобічною системою відлічування

Номер прийому, положення лімба і алідади ГК	Об'єкт наведення	Різниці напрямків (кутів) на коліматори		Розрахунок впливу ексцентриситету алідади на вимірний кут	
		горизонтальні кути	вертикальні кути	умовна вісь Y	умовна вісь X
1	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_1} = \nu_{A_1}$	$\Delta_{\beta_{1-3}}$ $= \frac{\Delta_{\beta_1} + \Delta_{\beta_2} + \Delta_{\beta_3}}{2}$	$\varepsilon_{L(\Pi)_1} = \frac{C_{L(\Pi)_4} - C_{L(\Pi)_1}}{2}$ $\varepsilon_{X_1} = \frac{\varepsilon_{L_1} - \varepsilon_{\Pi_1}}{2}$
0°	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_1} = \beta_{\Pi_1} -$	$\Delta_{\nu_1} = \nu_{\Pi_1} + \nu_{L_1}$		
0°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{L_1} + 180^\circ$			
2	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_2} = \nu_{A_2}$	$\varepsilon_{Y_2}$ $= \frac{C_{A_{cp(1-3)}} - C_{A_{cp(4-6)}}}{2}$	$\varepsilon_{X_A} = \frac{\varepsilon_{\beta_{cp(1-3)}} - \varepsilon_{\beta_{cp(4-6)}}}{2}$
60°	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_2} = \beta_{\Pi_2} -$	$\Delta_{\nu_2} = \nu_{\Pi_2} + \nu_{L_2}$		
60°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{L_2} + 180^\circ$			
3	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_3} = \nu_{A_3}$	$\varepsilon_A = \sqrt{\varepsilon_{X_A}^2 + \varepsilon_{Y_A}^2}$	
120°	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_3} = \beta_{\Pi_3} -$	$\Delta_{\nu_3} = \nu_{\Pi_3} + \nu_{L_3}$		
120°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{L_3} + 180^\circ$			
4	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_4} = \nu_{A_4}$	$\varepsilon_{X_{ГК}} = \frac{\sum_{i=1}^k c_{A_i} \cdot \cos N_{A_i} + \sum_{i=1}^k \Delta_{\beta_i} \cdot \cos(N_{A_i} + 90^\circ)}{4k}$	
180°	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_4} = \beta_{\Pi_4} -$	$\Delta_{\nu_4} = \nu_{\Pi_4} + \nu_{L_4}$		

180°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_4} + 180^\circ$		
5	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_5} = \nu_{A_5}$	$\varepsilon_{Y_{ГК}} = \frac{\sum_{i=1}^k c_{A_i} \cdot \sin N_{A_i} + \sum_{i=1}^k \Delta_{\beta_i} \cdot \sin(N_{A_i} + 90^\circ)}{4k}$
240°	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_5} = \beta_{П_5} -$	$\Delta_{\nu_5} = \nu_{П_5} + \nu_{Л_5}$	
240°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_5} + 180^\circ$		
6	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_6} = \nu_{A_6}$	$\varepsilon_{ГК} = \sqrt{\varepsilon_{X_{ГК}}^2 + \varepsilon_{Y_{ГК}}^2}$
300°	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_6} = \beta_{П_6} -$	$\Delta_{\nu_6} = \nu_{П_6} + \nu_{Л_6}$	
300°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_6} + 180^\circ$		
Середнє	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_{cp}} = \nu_{A_{cp}}$	Максимальний вплив ексцентриситету алідади на вимірний кут $\varepsilon_{\beta} = \varepsilon_{ГК} + \varepsilon_A$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_{cp}} = \theta_{пр}$	$\Delta_{\nu_{cp}} = \nu_{П_{cp}} + \nu_{Л_{cp}}$	
	Лівий колім.(Л)			
Неперпендикулярність осі обертання труби до осі обертання алідади				$\beta_0 = \frac{C_{Л_{cp}} - C_{П_{cp}}}{2 \cdot \operatorname{tg} \nu_{П_{cp}}}$
Максимальний вплив ексцентриситету вертикального круга на вимірний кут				$\varepsilon_{\alpha} = \left( \frac{\Delta_{\nu_{cp}}}{2 \cdot \cos \alpha_{П_{cp}}} + \Delta_{A_{cp}} \right) / 2$
СКП вимірювання горизонтальних кутів				$S_{\beta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{\beta_i}^2}{2k}}$

СКП вимірювання вертикальних кутів

$$s_{\alpha} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot \sum_{i=1}^n \Delta_{v_i}^2}{3k}}$$

GISUT KNUCA 2024

Таблиця. Обробка результатів вимірювання при повірці тахеометрів

<p>Визначення діапазону роботи компенсатора тахеометра, СКП роботи компенсатора і систематичної складової похибки роботи компенсатора на одну мінуту нахилення вертикальної осі обертання тахеометра</p>	$\delta_{k_i} = \frac{b_i - b_0}{\alpha_i}$ $\delta_{k_{max}} = \max \left\{ \frac{\delta_{k_i}^+ + \delta_{k_i}^-}{2} \right\}$ $S_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(b_{ni} - b_{3i})^2}{2 \cdot n}}$
<p>Визначення константи комплекту тахеометр – відбивач</p>	$K_e = D_{AB} - D_0$ $K_e = D_{AC} - (D_{BA} + D_{BC})$
<p>СКП вимірювання відстані</p>	$\Delta L_i = L_{\text{вим}i}^0 - L_i^0$ $L_{\text{вим}i}^0 = L_{\text{вим}i} + K_e + \Delta p \cdot m \cdot i \cdot \cos Z_{Ei}$ $\Delta h_i = h_b - h_n$

Таблиця. Визначення колімаційної похибки, місця нуля (місця зеніту) вертикального круга, неперпендикулярності осі обертання зорової труби до осі обертання тахеометра та електронних теодолітів.

Номер прийому, положення аліади ГК	Об'єкт наведення	Круг	Відліки по горизонтальному кругу		C	Горизонтальні напрямки, приведені до «0»		Відліки по вертикальному кругу		M0(MZ)	Вертикальні кути	
			°	'		°	'	°	'		'	°
1 – 3(6)	HORL-0 (A)	КЛ	$N_{A_i}^{КЛ}$		$C_{A_i}$	0°00,0'		$V_{A_i}^{КЛ}$		$MO_{A_i}$	$\nu_{A_i}$	
		КП	$N_{A_i}^{КП}$					$V_{A_i}^{КП}$				
	Правий колім. (П)	КЛ	$N_{A_i}^{КЛ}$		$C_{П_i}$	$\beta_{П_i}$		$V_{A_i}^{КЛ}$		$MO_{П_i}$	$\nu_{П_i}$	
		КП	$N_{A_i}^{КП}$					$V_{A_i}^{КП}$				
	Лівий колім. (Л)	КЛ	$N_{A_i}^{КЛ}$		$C_{Л_i}$	$\beta_{Л_i}$		$V_{A_i}^{КЛ}$		$MO_{Л_i}$	$\nu_{Л_i}$	
		КП	$N_{A_i}^{КП}$					$V_{A_i}^{КП}$				
Середнє	HORL-0 (A)		–		$C_{A_{cp}}$	0°00,0'		–		$MO_{A_{cp}}$	$\nu_{A_{cp}}$	
	Правий колім.(П)		–		$C_{П_{cp}}$	$\beta_{П_{cp}}$		–		$MO_{П_{cp}}$	$\nu_{П_{cp}}$	
	Лівий колім.(Л)		–		$C_{Л_{cp}}$	$\beta_{Л_{cp}}$		–		$MO_{Л_{cp}}$	$\nu_{Л_{cp}}$	

Таблиця. Обчислення максимального впливу ексцентриситету алідади, ексцентриситету вертикального круга, СКП вимірювань горизонтальних і вертикальних кутів

Номер прийому, положення лімба і алідади ГК	Об'єкт наведення	Різниці напрямків (кутів) на коліматори		Розрахунок впливу ексцентриситету алідади на вимірний кут	
		горизонтальні кути	вертикальні кути	умовна вісь Y	умовна вісь X
1 0° 0°	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_1} = \nu_{A_1}$	$\varepsilon_{Y_1} = \frac{C_{A_4} - C_{A_1}}{2}$	$\varepsilon_{L(\Pi)_1} = \frac{C_{L(\Pi)_4} - C_{L(\Pi)_1}}{2}$ $\varepsilon_{X_1} = \frac{\varepsilon_{L_1} - \varepsilon_{\Pi_1}}{2}$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_1} = \beta_{\Pi_1} -$	$\Delta_{\nu_1} = \nu_{\Pi_1} + \nu_{L_1}$		
	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{L_1} + 180^\circ$			
2 60° 60°	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_2} = \nu_{A_2}$	$\varepsilon_{Y_2} = \frac{C_{A_5} - C_{A_2}}{2}$	$\varepsilon_{L(\Pi)_2} = \frac{C_{L(\Pi)_5} - C_{L(\Pi)_2}}{2}$ $\varepsilon_{X_2} = \frac{\varepsilon_{L_2} - \varepsilon_{\Pi_2}}{2}$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_2} = \beta_{\Pi_2} -$	$\Delta_{\nu_2} = \nu_{\Pi_2} + \nu_{L_2}$		
	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{L_2} + 180^\circ$			
3 120° 120°	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_3} = \nu_{A_3}$	$\varepsilon_{Y_3} = \frac{C_{A_6} - C_{A_3}}{2}$	$\varepsilon_{L(\Pi)_3} = \frac{C_{L(\Pi)_6} - C_{L(\Pi)_3}}{2}$ $\varepsilon_{X_3} = \frac{\varepsilon_{L_3} - \varepsilon_{\Pi_3}}{2}$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_3} = \beta_{\Pi_3} -$	$\Delta_{\nu_3} = \nu_{\Pi_3} + \nu_{L_3}$		
	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{L_3} + 180^\circ$			
4 180°	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_4} = \nu_{A_4}$		$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{X_1}^2 + \varepsilon_{Y_1}^2}$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_4} = \beta_{\Pi_4} -$	$\Delta_{\nu_4} = \nu_{\Pi_4} + \nu_{L_4}$		

180°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_4} + 180^\circ$		
5	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_5} = \nu_{A_5}$	$\varepsilon_2 = \sqrt{\varepsilon_{X_2}^2 + \varepsilon_{Y_2}^2}$
240°	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_5} = \beta_{П_5} -$	$\Delta_{\nu_5} = \nu_{П_5} + \nu_{Л_5}$	
240°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_5} + 180^\circ$		
6	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_6} = \nu_{A_6}$	$\varepsilon_3 = \sqrt{\varepsilon_{X_3}^2 + \varepsilon_{Y_3}^2}$
300°	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_6} = \beta_{П_6} -$	$\Delta_{\nu_6} = \nu_{П_6} + \nu_{Л_6}$	
300°	Лівий колім.(Л)	$-\beta_{Л_6} + 180^\circ$		
Середнє	HORL-0 (А)	–	$\Delta_{A_{cp}} = \nu_{A_{cp}}$	Максимальний вплив ексцентриситету алідади на вимірний кут $\varepsilon_A = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}$
	Правий колім.(П)	$\Delta_{\beta_{cp}} = \theta_{пр}$	$\Delta_{\frac{1}{2}cp} = \nu_{П_{cp}} + \nu_{Л_{cp}}$	
	Лівий колім.(Л)			
Неперпендикулярність осі обертання труби до осі обертання алідади				$\beta_0 = \frac{C_{Л_{cp}} - C_{П_{cp}}}{2 \cdot tg \nu_{П_{cp}}}$
Максимальний вплив ексцентриситету вертикального круга на вимірний кут				$\varepsilon_\alpha = \left( \frac{\Delta_{\nu_{cp}}}{2 \cdot \cos \alpha_{П_{cp}}} + \Delta_{A_{cp}} \right) / 2$
СКП вимірювання горизонтальних кутів				$S_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{\beta_i}^2}{2k}}$

СКП вимірювання вертикальних кутів

$$S_{\alpha} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot \sum_{i=1}^n \Delta_{v_i}^2}{3k}}$$

GISUT KNUCA 2024

### **3.8. Оформлення результатів вимірювання**

Після виконання вимірювань та обчислення необхідних значень належно оформити результати повірки.

Результати повірки вважаються позитивними, якщо одержані значення метрологічних характеристик певного геодезичного приладу відповідають вимогам ДСТУ 8955. Приладу присвоюються відповідний клас точності, не вищий, ніж присвоєний за результатами оцінки відповідності (якщо така була проведена).

Позитивні результати заносять під час оформлення свідоцтва по повірку приладу ЗВТ.

В разі якщо результати повірки не відповідають встановленим вимогам, свідоцтво про повірку анулюють та оформлюють довідку про непридатність.

GISUT KNUCA 2024

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### **4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які виникають при роботі з ПК**

Повірка геодезичних приладів на універсальному еталоні *AMLR* передбачає роботу з ПК.

При роботі з ПК слід враховувати небезпечні та шкідливі фактори, які негативно впливають на стан співробітників лабораторії. До них можна віднести: електричний струм (в тому числі статична та природна електрика (блискавка)), пожежонебезпека, вибухонебезпека. Також треба враховувати вплив освітлення (природнього і штучного), мікроклімату робочої зони, іонізуючого випромінювання, електромагнітних полів, виробничого шуму та вібрації.

Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі на ПК наведено в таблиці:

Таблиця. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі з ПК

Небезпечні фактори	Джерело фактору	Нормативи(кількісна оцінка)	Нормативні документи
1	2	3	4
Небезпека ураження електричним струмом, замикання через тіло людини	Робоче обладнання ВДТ,ПК, електрообладнання і освітлення приміщення та робочих місць	Мережі електроживлення і освітлення. Допустимі $U = 220-230 \text{ В}$ $F = 50-60 \text{ Гц}$ $I = 10 \text{ А}$	НПАОП 0.00-1.28-10 НАОП 0.00-1.21-98 ГОСТ 12.1.030-81 ДСТУ 7237:2011
Атмосферні: Статична електрика	Грозовий розряд, блискавка ВДТ та ПК	$U < 50 \text{ МВ}$ $N = 1/\text{рік}$	НАОП 0.00-1.29-97 НПАОП 40.1-1.21-98
Пожежна безпека	Коротке замикання робочого обладнання	$I > 20, \text{ А}$ $U > 50, \text{ В}$	ДБН В. 1.1-7-2002 ДБН В.1.2-7-2008

Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі з ПК. Продовження таблиці.

1	2	3	4
Незадовільний мікроклімат робочої зони приміщень	Тепло випромінююче обладнання ВДТ, ПК та операторів	Для робіт категорії легка - 1а/1б період року: <b>холодний</b> температура +22-24°C відносна вологість 4-6% швидкість руху повітря 0,1 м/с <b>теплий</b> температура +23-25°C відносна вологість 40-60% швидкість руху повітря 0,1 м/с	ССБП ГОСТ12.1.005-88 ДСанПІН3.3.2.0098 ДСН 3.3.6.042-99 ДСанПІН5.5.6.009-98
Підвищений рівень шуму	Робоче обладнання, ПК	Рівень допуску шуму оператора ПК - 45 дБ	СН 3077-84 ДСН 3.3.6037-99
Вібрація та віброприскорення	Кондиціонер	Віброприскорення 0,014 (м/см) <sup>2</sup> 33дБ	СНиП II-12-77 ДСН 3.3.6.039-99

Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при роботі з ПК . Продовження таблиці

1	2	3	4
<p>Недостатня освітленість на робочому місці</p>	<p>Природне і штучне освітлення</p>	<p><i>КПО повинен бути не менше 1,5 %. Нормативний рівень освітлення на робочому столі в зоні розташування документів</i> <i>E=300-500лК</i></p>	<p><i>ДБН В.2.5-28-2006</i> <i>НПАОП 0.00-1.28-10</i> <i>ДСанПІН5.5.6.009-98</i></p>
<p>Шкідливі іонізуючі випромінювання</p>	<p>Екрани моніторів ВДТ та ПК</p>	<p><i>Категорія А - персонал, який постійно працює з джерелом випромінювання</i> <i>Індивідуальні еквівалентні дози - зовнішнє та внутрішнє випромінювання за рік, Збер/рік</i></p>	<p><i>ДБН 12.4.120-83</i> <i>НРБУ – 97</i> <i>ДГН 6.6.1-6.5.001-2000</i></p>

## **4.2. Профілактичні заходи**

### **Мікроклімат робочої зони**

Мікроклімат виробничих приміщень - це клімат внутрішнього середовища приміщень, який визначається сукупністю температури, вологості, тиску і швидкості руху повітря, що діє на організм людини.

Лабораторія повірки та калібрування приладів відноситься до об'єктів І категорії (І категорія - виконання легких фізичних робіт).

Тому тут необхідно дотримуватися таких вимог:

- оптимальна температура повітря - 22°C (допустима - 20 - 24°C),  
оптимальна відносна вологість - 40 - 60% (допустима - не більше 75%),  
швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с.

Для створення і автоматичного підтримання оптимальних значень температури, вологості, чистоти і швидкості руху повітря в лабораторії, незалежно від зовнішніх умов, в холодну пору року використовують водяний підігрів, а в теплу - кондиціонування повітря. Кондиціонер — це вентиляційна установка, яка за допомогою пристроїв автоматичного регулювання підтримує задані параметри повітряного середовища в приміщенні.

### **Шум і вібрація**

Встановлено, що шум погіршує умови праці та шкідливо впливає на організм людини. При тривалому впливі шуму знижується гострота зору і слуху, підвищується артеріальний тиск, знижується увага. Гучний, тривалий шум може викликати функціональні зміни серцево-судинної та нервової систем.

### **Шум**

Застосовуються наступні нормалізаційні заходи та засоби:

- усунення коливань на джерелі;
- усунення коливань на шляху їх розподілу;
- звукоізоляція;
- звукопоглинання;

- застосування архітектурно-планувальних методів та організаційно-технологічних рішень;
- засоби індивідуального захисту.

Допустимий рівень шуму:  $L_{дон.} \leq 50$  дБА.

### **Вібрація**

Застосовуються наступні нормалізаційні заходи та засоби:

- зменшення коливань у джерелах виникнення шляхом зменшення або усунення збуджуючих сил;
- віброізоляція;
- динамічне гартування

Вимоги щодо вібрації базуються на ДСН 3.3.6.037–99.

Допустимий рівень вібрацій:  $L_{дон.} \leq 115$  дБА.

### **4.3. Інженерні рішення**

#### **Проектування та розрахунок природного та штучного освітлення робочого приміщення.**

При правильно розрахованому і підбраному освітленні приміщення очі працівника тривалий час зберігають здатність добре розрізняти предмети і інструменти. Такі умови сприяють зниженню виробничого травматизму та професійних захворювань очей. Незадовільне освітлення виробничої зони може призвести до погіршення якості виконуваної роботи.

Приміщення з ПК повинні мати доступ до природного та штучного освітлення згідно з ДБН.В. 25-28-06.

Природне світло повинно проникати через бічні світлові отвори, орієнтовані, як правило, на північ або північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не менше 1,0%. Розрахунки КПО проводяться згідно з ДБН.В. 2.5-28-06.

Як джерело світла для штучного освітлення слід використовувати, як правило, люмінесцентні лампи типу ЛБ. Металогалогенні лампи потужністю до 250 Вт можна використовувати при обладнанні відбивного освітлення

виробничих і адміністративно-громадських приміщень. У світильниках місцевого освітлення допускається використовувати лампи розжарювання.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° градусів відносно вертикалі в поздовжній і поперечній площинах повинна бути не більше 200 кд/кв. м, а захисний кут світильників не повинен перевищувати 40°.

Рівень освітленості робочого столу в зоні розміщення документів повинен бути в межах 300-500 лк. При неможливості забезпечити такий рівень освітленості системою загального освітлення допускається використання світильників місцевого освітлення, але при цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрана та збільшення освітленості екрана. до понад 300 люкс.

Світильники місцевого освітлення повинні мати світлопрозорий світловідбивач із захисним кутом не менше 40°.

#### ***Розрахунок штучного освітлення***

В робочих приміщеннях має бути обов'язково передбачене штучне освітлення. Приміщення лабораторії, для якого робимо розрахунок має площу 17,7 м<sup>2</sup>. Стеля обладнана світильниками УВЛН-2 з люмінесцентними лампами ЛБ-40. Розрахунок робиться по методу світлового потоку.

Нормоване освітлення  $E=400$  лк, тоді світловий потік, який необхідний знайдемо за формулою:

$$F = E \times S,$$

де  $S$  – площа приміщення;

$$F = \frac{(E \times S \times K \times Z)}{\eta},$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу (1.3 для люмінесцентних ламп);

$Z$  – коефіцієнт, який враховує відношення середнє освітлення до мінімуму (1.1);

$\eta$  – коефіцієнт використання випромінюваного світильниками світлового потоку на розрахунковій поверхні (0.4);

$$F = (400 \text{лк} \times 17.7 \times 1.3 \times 1.1) / 0.4 = 25311 \text{лм}$$

Розрахунок штучного освітлення закінчується визначенням кількості обраних світильників за формулою:

$$n = F / F_1,$$

де  $F_1$  - світловий потік, який утворюється єдиним вибраним світильником.

$$n = 25311 / 6000 = 4,21 \approx 4 \text{ світильники.}$$

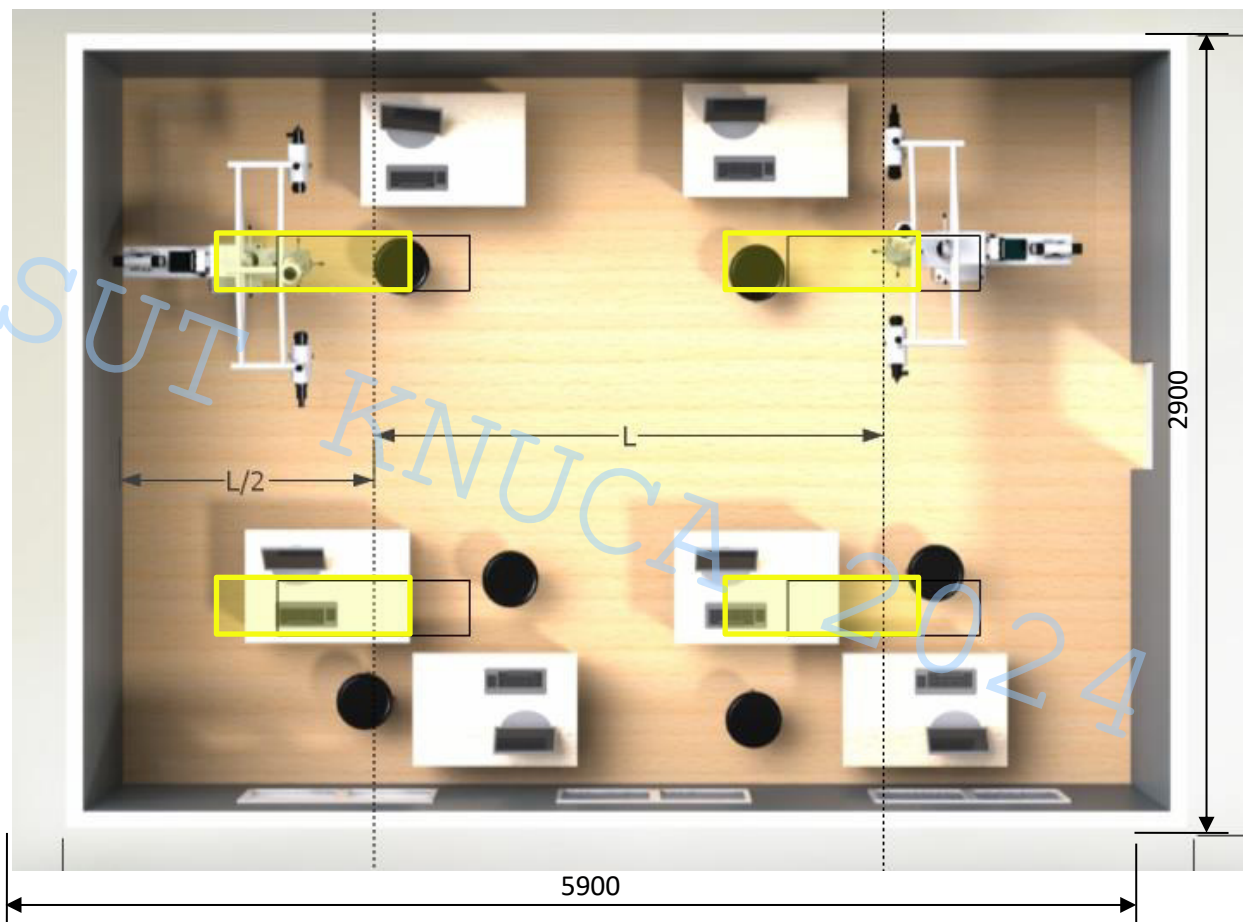


Рис. 28. Схема розміщення світильників марки ЛБ-40 n=4шт.

Так як відповідно до ДБН світильники розсіяного світла повинні встановлюватися на висоті не менше як 3м над рівнем підлоги при світловому потоці джерела світла до 6000лм, в даному випадку в лабораторії необхідно запроектувати 4 світильники.

## *Пожежна безпека*

Для споруд та приміщень, в яких експлуатуються ПК протипожежні заходи визначені Правилами пожежної безпеки в Україні НАПБ А.01-001-2004 та іншими нормативними документами.

Виходячи з властивостей речовин і матеріалів, умов їх застосування і обробки і у відповідності із НАПБ Б.03,002-2007 визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці” приміщення по вибухопожежній і пожежній небезпеці діляться на п’ять категорій.

Ступінь вогнестійкості будівель, допустима кількість поверхів і площа поверху будівлі в межах пожежної секції вибираються згідно зі СНИП 2.09.02-85. Дане приміщення відноситься до категорії Г, тобто в ньому знаходяться речовини, які тільки горять (у даному випадку – папери). На та під приміщеннями, де розташовуються ПК, а також у суміжних з ними приміщеннях не дозволяється розташовувати приміщення категорій А і Б.

Підлога у приміщеннях з ПК має бути виготовлена з негорючих матеріалів. Звукопоглинальне облицювання стін та стель слід виготовляти з негорючих або важкогорючих матеріалів. З метою захисту конструкцій будівель від руйнування і забезпечення їх достатньої міцності в умовах дії високих температур при пожежі несучі стіни в приміщенні повинні мати ступінь вогнестійкості не менше 2 годин, а несучі конструкції перекриттів – не менше 0,75 год. Основні будівельні конструкції споруджуються з цегли або бетону.

Міжпідлоговий простір під знімною підлогою має бути оснащений системою автоматичної пожежної сигналізації та засобами пожежогасіння відповідно до вимог Переліку однотипних за призначенням об’єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації, СНиП 2.04.09-84, з використанням димових пожежних сповіщувачів.

Первинні засоби гасіння пожежі: внутрішні пожежні крани; відра, лопати, пісок; вогнегасники. Приміщення має бути оснащене переносним

вуглекислотним вогнегасником з розрахунку 2 шт. На кожні 20 м<sup>2</sup> площі приміщення. При виникненні пожежі застосовують вуглекислотний вогнегасник ОУ-2 чи ОУ-5. Вуглекислотні вогнегасники можна використовувати при згорянні електроустановок під напругою.

Ремонт вузлів (блоків) ППК, як правило повинен проводитись в окремому приміщенні. У випадках особливої необхідності проведення чи ремонту техніки безпосередньо в машинному залі з ППК допускається мати не більше ніж 0,05 л. Легкозаймистої рідини у небиткій і щільно закритій посуді.

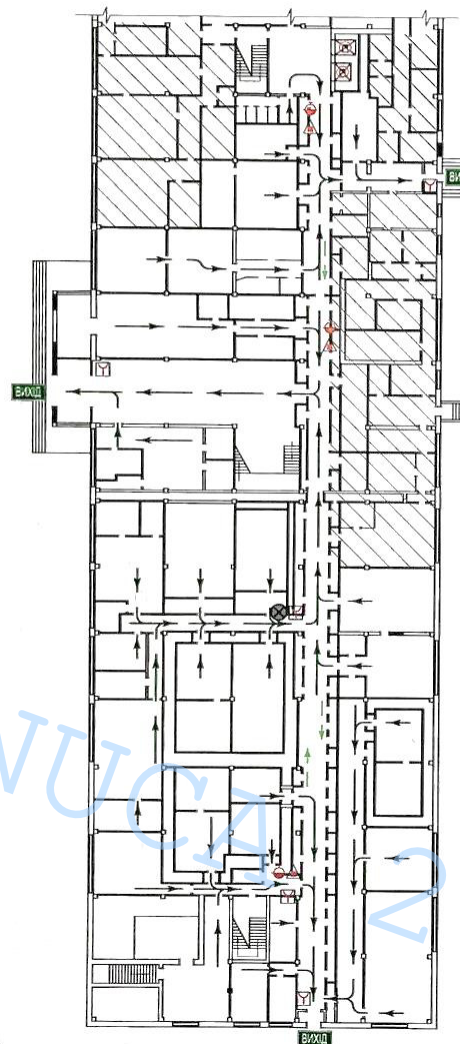
План евакуації людей на випадок пожежі  
з 1 поверху адміністративно-лабораторного корпусу №1  
за адресою: м. Київ, вул. Метрологічна, буд. 4

Розроблено:  
ТОВ "Укртехнобез" ліцензія № 522955, серія АЕ



ЗАТВЕРДЖУЮ:

Генеральний директор  
ДП "Укрметртестстандард"  
Д.А. Сабатович  
20 січня 2017р.



ДІЇ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ  
ЗБЕРІГАЙТЕ СПОКІЙ

1. Повідомити по телефону 101.
  - Точну адресу об'єкту
  - Місце виникнення пожежі
  - Своє прізвище
2. Повідомити людей
  - Натисніть кнопку вмикання пожежної автоматики
  - Подайте сигнал голосом
3. Евакууйте людей
  - Орієнтуйтесь за знаками напрямку руху
  - Надайте першу медичну допомогу потерпілим
4. Вжити (по можливості) заходи з гасіння пожежі
  - Використовуйте наявні вогнегасники та інші засоби пожежогасіння
  - Знеструмити приміщення

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Пожежний кран
- Переносний вогнегасник
- Ручний пожежний сповіщувач
- Основний вихід
- Головний евакуаційний шлях
- Запасний евакуаційний шлях
- Телефон
- Електрощитова
- Позначення просторової орієнтації
- "Ви знаходитесь тут"
- Не використовувати ліфт

Рис.29. План евакуації людей з 1-го поверху

Евакуаційні шляхи розробляються згідно СНиН 2.01.02-85 „Противопожарные нормы”. Кількість евакуаційних виходів з будови повинна бути не менша двох. Так як будова, в якій розміщується приміщення – багатоповерхова, то евакуаційний шлях пролягає через коридор на сходову клітку, а далі на нижчі поверхи.

## ВИСНОВКИ

Аналізуючи дійсні характеристики еталонної установки AMRL можна зробити висновки, що основною перевагою еталону оснований на використанні автоколімаційних референцних осей є його висока точність. Вона забезпечується встановленими на установку оновленими автоколіматорами з фотоелектричними перетворювачами EAC-0.2RL, що мають розширену невизначеність 0,2". Вона дозволяє виконувати на даному еталоні повірку та калібрування високоточних геодезичних приладів, СКП вимірювань кутів якими становить 0,5". Їх повірка була неможливою на автоколімаційній установці для повірки нівелірів і теодолітів (АУПНТ), яка мала застарілу конструкцію.

В результаті написання дипломної роботи було створено пакет оновленої документації на робочій еталон AMRL, а саме:

«Керівництво з експлуатації універсального еталону автоколімаційних референцних осей AMRL»

технічна документація.

рекламна документація

«Керівництво з експлуатації універсального еталону автоколімаційних референцних осей» представляє собою детальну інструкцію з використання еталону, опис методик повірки різних геодезичних приладів за допомогою AMRL, операції калібрування самого еталону, опис конструктивних особливостей та метрологічних характеристик.

Керівництво з експлуатації необхідно безпосередньо для користувачів (осіб, які виконують повірку). Воно є обов'язковим для ознайомлення перед початком виконання робіт на еталоні автоколімаційних референцних осей.

Технічна документація складається з пакету креслень на еталонну установку AMRL, її окремих частин чи конструктивних елементів та пояснювальної записки.

За допомогою даної документації виготовляються необхідні конструкції, елементи і деталі та власне збирається робочий еталон.

Рекламна документація включає в себе низку описових статей та різноманітних візуалізацій еталону або його конструктивних частин окремо та еталону від час виконання повірок чи калібрування.

Така документація призначена для презентації установки на ринку безпосередньо для реклами та продажу.

Підсумовуючи можна сказати, що створення універсального еталону автоколімаційних референцних осей є важливим досягненням для української метрології в сфері кутових геодезичних вимірювань в цілому оскільки він має значні переваги серед аналогів.

За результатами повірки на АУПНТ, а тепер на AMRL, геодезичним приладам присвоюються класи точності згідно з ДСТУ 8926 та ДСТУ 8955.

Визначені під час повірки класи точності приладів дозволяють виконувати ті чи інші геодезичні роботи у будівництві згідно з таблицею 1 та додатком А Державних будівельних норм Б В.1.3 Геодезичні роботи у будівництві.

## **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. ДСТУ 9102:2021. Метрологія. Тахеометри. Методика повірки. – 2022 р. (Національний стандарт України)
2. ДСТУ 9097:2021. Метрологія. Нівеліри оптико-механічні та електронні. Методика повірки. – 2021 р. (Національний стандарт України)
3. ДСТУ 9098 :2021. Метрологія. Теодоліти. Методика повірки. – 2022 р. (Національний стандарт України)
4. Величко О. М., Коломієць Л. В., Гордієнко Т. Б. Основи метрології та метрологічна діяльність. Підручник // За заг. ред. д-ра техн. наук О. М. Величка. – Херсон: Олді+, 2021. – 576 с.
5. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 р. № 1314-VII із змінами.
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки» від 13.01.2016 р. № 94.
7. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці» від 04.06.2015 р. № 374.
8. ДСТУ 8926:2019. Метрологія. Нівеліри та прилади вертикального проектування оптико-механічні, цифрові, лазерні й рейки нівелірні. Метрологічні та технічні вимоги.
9. ДСТУ 8955:2019. Метрологія. Теодоліти й тахеометри. Метрологічні та технічні вимоги.

## ДОДАТКИ

GISUT KNUCA 2024