

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА  
УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет агротехнологій**

**Кафедра землеробства**

**ГЕОДЕЗІЯ ТА  
ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ**

**Методичні рекомендації щодо виконання  
лабораторних робіт студентами денної форми  
навчання  
напряму підготовки 6.090101 “Агрономія”**



**МИКОЛАЇВ  
2014**

**УДК 528.2:528.4**

**ББК 26.12:65.32-511**

**Г 35**

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 26 листопада 2014 р., протокол № 3.

Укладач:

Ю. В. Задорожній – асистент кафедри землеробства, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

- О. М. Дробітько – канд. с.-г. наук, голова фермерського господарства «Олена» Братського району Миколаївської області;
- О. А. Коваленко – канд. с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет.

**ЗМІСТ**

	Вступ.....	4
1.	Будова та принцип дії лазерних геодезичних приладів.....	5
2.	Перевірка лазерних нівелірів.....	13
3.	Перевірка лазерних теодолітів.....	17
4.	Перевірка лазерних приладів задання вертикалі.....	26
	Список використаної літератури.....	30

## ВСТУП

Серед природних багатств особливе значення має земля. Земельні ресурси є основним національним багатством українського народу. Проблема збереження та раціонального використання земельних ресурсів може бути вирішена лише за здійснення широкого комплексу заходів, що стосуються всіх аспектів організації сільськогосподарського виробництва. Вирішення цієї проблеми потребує в першу чергу ретельного вивчення наявних земельних ресурсів, визначення точних кількісних та якісних відомостей про землю. А їх можна одержати шляхом інженерних вимірів, складанням точних планово-картографічних матеріалів на основі геодезичних, аерофотогеодезичних, космічних та інших видів зйомок з застосуванням різних геодезичних приладів, у тому числі й найновіших – лазерних.

Знання принципів дії лазерних приладів та методів проведення геодезичних зйомок дає можливість спеціалістам агрономічного профілю технічно грамотно орієнтуватися на місцевості при впровадженні зональних систем землеробства, при спорудженні комплексів, із захисту ґрунтів від ерозії, будівництві меліоративних систем, терасуванні схилів, контурному обробітку ґрунту та здійсненні інших природоохоронних заходів.

У методичних рекомендаціях розглянуто питання будови і принципу дії нових лазерних геодезичних приладів, а також надаються практичні рекомендації щодо проведення їх перевірки.

## **ТЕМА 1. БУДОВА І ПРИНЦИПИ ДІЇ ЛАЗЕРНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ**

**Мета роботи** – вивчити будову, принцип дії лазерних нівелірів та проведення планувальних та нівелірних робіт.

### **Хід роботи:**

1. Вивчити будову лазерних приладів.
2. Вивчити та описати принципову схему проведення планувальних робіт з використанням лазерного нівеліру.
3. Вивчити та описати принципову схему вивірки по вертикалі та розбивки осей.

У лазерних геодезичних приладах в якості випромінювання світлового потоку використовують оптичні квантові генератори (лазери).

Лазери бувають твердотільні, газові, рідинні та напівпровідникові. В геодезичних приладах використовують газові та напівпровідникові. Напівпровідникові лазери застосовують в основному в приладах для вимірювання відстаней – світло-далекомірах. Газові лазери застосовують у приладах, що задають положення вертикальної або горизонтальної опорної лінії: лазерних нівелірах, покажчиках напрямлень, лазерних центрирах та інших приладах різного призначення.

У практиці геодезичного забезпечення будівництва, в тому числі меліоративного, використовують газові гелій-неонові лазери безперервного випромінювання, що працюють у видимій частині світлового діапазону та випромінюють вузько направлений пурпурно-червоний пучок світла.

Лазерні геодезичні прилади конструюють таким чином, щоб лазер був установлений паралельно візирній вісі приладу, на якому він змонтований, або лазерний пучок направлявся крізь зорову трубу приладу. Як правило, при вимірах використовують візуальну або

фотоелектричну індикацію лазерного пучка. При візуальній індикації для відліку по променю застосовують екран у вигляді сітки квадратів або концентричних кіл, а також нівелірну рейку. При більш точній фотоелектричній індикації використовують спеціальні фотоприймальні пристрої з фотоелементами.

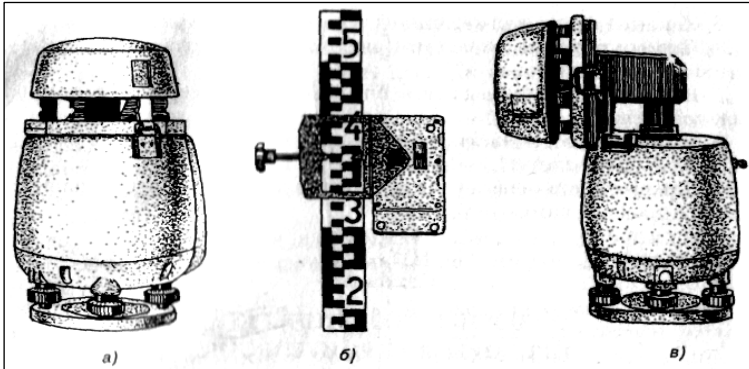
Лазерні нівеліри призначені для вимірювання перевищень та передачі висотних позначок. Нівелір випромінює видимий пучок світла, відносно якого проводять виміри перевищень. У одних приладах пучок лазерного випромінювання направляють по оптичній осі зорової труби, а в інших зорова труба з'єднана паралельно з випромінювачем.

У нівелірах з рівнем вісь пучка приводять у горизонтальне положення циліндричним рівнем, а в нівелірах-автоматах – компенсатором. За умовами геометричного нівелювання осі лазерного пучка та циліндричного рівня повинні бути паралельні.

У даний період лазерні нівеліри виготовляють в основному з автоматично горизонтуючим пучком випромінювання, що обертається лазерним пучком, та з іншими особливостями.

Прикладом може бути лазерний нівелір LNA2L фірми “Вільд” (рис. 1, а), що задає горизонтальну площину, яка обертається.

Положення цієї площини фіксується на спеціальній рейці або на стінах будівель (рис.1,б). Нівелір може бути встановлений так, щоб описувалася вертикальна світлова площина (рис.1, в). Він забезпечений обчислювальним обладнанням, що виконує автоматичні розрахунки висот.



**Рис. 1. Лазерний нівелір:**

*а) загальний вигляд;*

*б) відлік по рейці;*

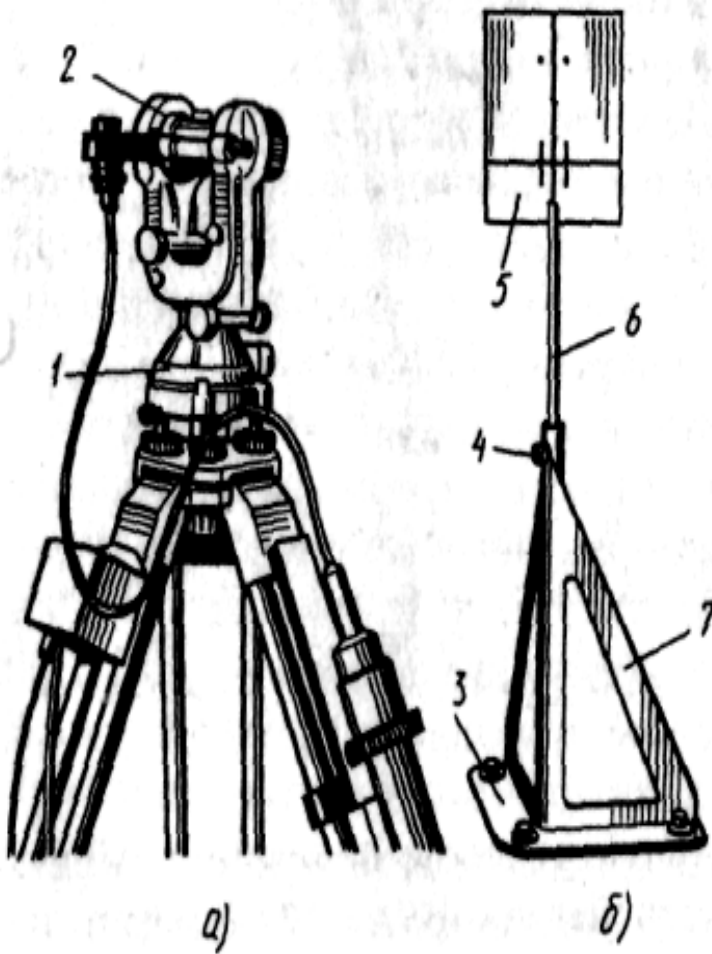
*в) положення для розгортання вертикальної площини.*

У лазерних теодолітах (рис.2,а), призначених для задання створів та вимірів кутів, замість візирної осі в просторі створюється вузьконаправлений пучок світла. Наявність горизонтального (1) та вертикального (2) кругів дозволяє надавати пучку випромінювання необхідного орієнтування. Як правило, візирна марка (рис.2,б) при застосуванні лазерних теодолітів в умовах будівельного майданчика сполучена з шаблоном для розмітки орієнтирних рисок.

Марка (5) із стрижнем (6) кріпиться на опорі (3), а її висота регулюється стояком (7) і фіксується закріплювальним гвинтом (4). Орієнтирні риски проводять по щічках опори (3).

Багатоцільові прилади, призначені для контрольно-вимірювальних операцій, у тому числі при встановленні конструкцій опалубки, виймання ґрунту, влаштуванні земляного полотна, укладанні бетону, поєднують у собі візирну оптичну трубу та встановлений на ній квантовий генератор.

Нижче показано деякі із цих приладів.



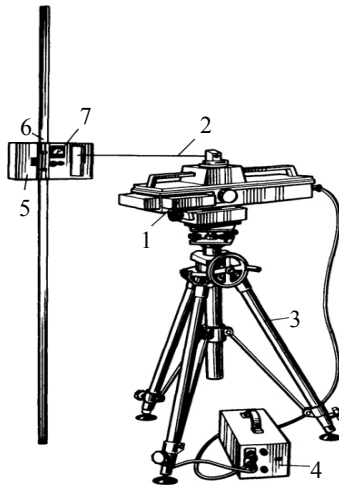
**Рис. 2. Лазерний теодоліт (а) та візирна марка (б):**

- |  |   |
|--|---|
| 1, 2 – горизонтальний та вертикальний круги;   | 3 |
| – опора; 4 – закріплювальний гвинт; 5 – марка; | 6 |
| – стрижень 7 – стояк.                          |   |



**Прилад ПГЛ-1** складається із фотоприймального устрою (рис.3,а) та передавальної частини (рис. 3, б). Фотоприймальний устрій складається з фотоприймача імпульсних сигналів та виміральної рейки (б). Результати вимірів реєструються на стрілочному приладі. Фотоприймач переміщують уздовж рейки до появи показників на стрілочному приладі. До передавальної частини входить лазерний передавач, що формує випромінювання у вигляді світлових ліній та площини, блок живлення (4) та штатив (3) для встановлення передавача.

Конструкція штативу дозволяє в широких межах змінити висоту ПГЛ-1 над місцевістю. Кут сканування (повороту) лазерного приладу становить  $180^\circ$ .



**Рис. 3. Лазерний геодезичний прилад ПГЛ-1:**  
 а) фотоприймач; б) передавальна частина  
 1,5 – корпус; 2 – візирний промінь; 3 – штатив; 4 – електроживлення; 6 – рейка; 7 – вольтметр

Похибка вимірювання від лазерного пучка або площини до контрольованої поверхні  $\pm 3$  мм при дальності дії 150 м.

**Прилад задання вертикалі ПВЗЛ-1** має передавальну та приймальну частини. До передавальної частини входить лазерний передавач у вигляді циліндра діаметром 120 мм і довжиною 382 мм (маса 3,1 кг), горизонтуюче обладнання та автономний блок живлення розміром 200x160x138 (2,8 кг) на гальванічних елементах. Світловий пучок потрапляє в насадку і, проходячи крізь пентакризму (п'ятикутну скляну призму), змінює направлення з горизонтального на вертикальне.

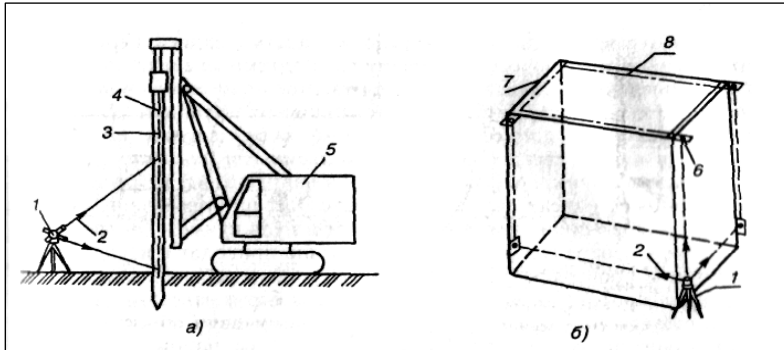
Насадка з пентапризмою знімається, що дозволяє використати промінь приладу в горизонтальній площині. Приймальна частина складається з регістратора та фотомішені, що переміщується за взаємно перпендикулярними вимірювальними лініями.

Лазерний передавач встановлюють на вихідному горизонті за рівнями, що формують у просторі вертикальну світлову лінію. Фотомішень з регістратором розташовують на монтажному горизонті й по лініях переміщують до суміщення з центром проекції лазерного пучка. При суміщенні показання індикаторів реєстратора будуть нульовими. Можливі відхилення від заданої вертикалі зчитують за лініями фотомішені. Дальність дії приладу з фотоелектричною реєстрацією - 20 м, похибка вимірювання відхилень об'єкта від заданої вертикалі – 1 мм, а задання вертикалі – 2 мм. Деякі типи лазерних приладів влаштовані так, що промінь, який вони випускають, направляєється вертикально вгору, і тоді за допомогою насадки з пентапризмою за необхідності змінюють його направлення на горизонтальне.

Особлива група приладів - лазерні покажчики. До них відносяться лазерні покажчики укладання труб,

візування вертикалі та інші.

Так, лазерний покажчик укладання труб складається



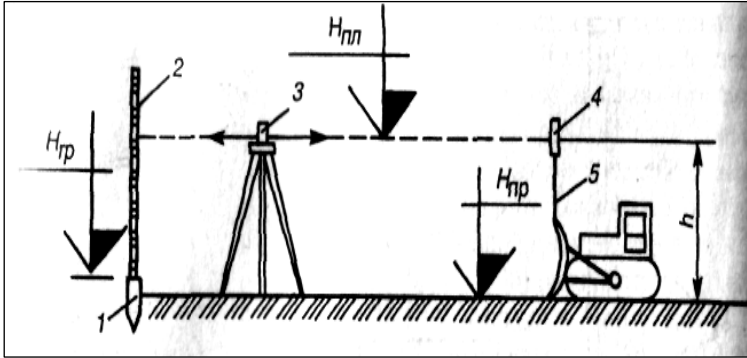
**Рис. 4. Вивірка по вертикалі а) та розбивка осей б):**

*1 – лазерний теодоліт; 2 – промінь; 3 – свая; 4 – риска вісі сваї; 5 – «драглайн»; 6 – візирна марк; 7 – контур будівлі; 8 – вісь*

із корпусу, на одному кінці якого прикріплена горизонтуюча основа. В цьому влаштовані оправа з лазером, рівень та шкала уклонів, що дозволяє направляти промінь під заданим кутом до горизонту. Похибка завдання уклону – не більше  $\pm 10$ мм на 100м довжини.

Лазерні покажчики прості в користуванні, дешеві у виготовленні, мають автономне живлення (12В) від батарейок для кишенькових ліхтарів, можуть вмикатись і вимикатись за допомогою дистанційного управління.

Застосування лазерних указок підвищує продуктивність праці користувачів на 50%, машин та механізмів – на 10%. Деякі прилади застосування лазерних геодезичних приладів наведені на рис.4 та 5.



**Рис. 5. Планувальні роботи:**

*1 – репер; 2 – нівелірна рейка; 3 – лазерний нівелір; 4 – фотоприймач, блок та індикатор розв'язувального обладнання на ножі бульдозера; 5 – штанга, на якій переміщується фотоприймач.*

*$H_{кр}$ ,  $H_{пл}$ ,  $H_{пр}$  – позначки репера, площини лазерного приладу і проектна,  $h$  – робоче перевищення.*

### **Питання для самоперевірки:**

1. Що використовують для випромінювання світлового потоку в лазерних геодезичних приладах?
2. На які види поділяються лазери?
3. Як повинен бути встановлений лазер в геодезичному приладі?
4. Призначення лазерного нівеліру.
5. Призначення лазерного теодоліту.

## **ТЕМА 2. ПЕРЕВІРКА ЛАЗЕРНИХ НІВЕЛІРІВ**

**Мета роботи** – навчитися робити перевірку лазерних нівелірів без похибкової роботи приладу.

Лазерні нівеліри будь-яких конструкцій підлягають перевірці. Послідовність їх виконання та результати, які мають давати прилади, що перевіряються, подають у паспортах приладів.

### **Хід роботи:**

**1. Вісь круглого рівня повинна бути паралельна вісі обертання інструмента.**

Встановлюємо підймальними гвинтами підставки бульбашку круглого рівня на середину і обертаємо прилад на  $180^\circ$ , Якщо бульбашка рівня зміститься з середини, то її переміщують до середини на половину відхилення виправними гвинтами рівня. Для цього один із гвинтів викручують, а два інших вкручують у корпус, на якому розташований рівень.

**2. Вісь циліндричного рівня та осі пучка випромінювача повинні розташовуватися в паралельних та прямовисних площинах.**

1. Встановлюємо нівелірну рейку на відстані 60 м від приладу. Направлення на неї має збігатися з лінією, перпендикулярною направленню, що з'єднує два підйомних гвинта підставки. Вісь обертання нівеліра приводять у прямовисний стан за круглим рівнем. Елеваційним гвинтом установлюють циліндричний рівень у нуль-пункт, а за сфокусованим на рейці пучком проводять відлік (у центрі світлового пучка).

2. Підйомними гвинтами, розташованими на лінії, перпендикулярній до направлення на рейку, злегка нахилиють нівелір вліво або вправо. Елеваційним гвинтом приводять пузир циліндричного рівня в нуль-пункт і беруть відлік за рейкою в центрі світлової плями. Нівелір

приводять у вихідне положення і перевіряють, чи зберігся відлік на рейці  $a_1$ . Нахиляють прилад в протилежному напрямленні і беруть відлік  $a_2$  за рейкою. Якщо відліки  $a_1$  і  $a_2$ , що відповідають одному-двом обертам підйомних гвинтів, відрізняються більш ніж на 3-4 мм, положення циліндричного рівня слід виправити, використовуючи бокові виправні гвинти ампули рівня.

**3. Вісь циліндричного рівня має бути паралельна вісі пучка випромінювача.** Перевірку виконують методом подвійного нівелювання.

Закріплюємо кілками на місцевості лінію довжиною 70-75м. З кінців лінії виконують подвійне нівелювання. Нівелір встановлюють на віддалі 2-3м від точки А, приводять його в робочий стан (бульбашка сферичного рівня посередині). Елеваційним гвинтом приводять циліндричний рівень у контакт і відраховують по чорній шкалі рейки  $i_1$ , що стоїть на точці А і  $a_1$  по рейці, що стоїть в точці В.

Якби промінь випромінювача був би горизонтальним (таке положення показане пунктиром), то різниця відліків була б перевищенням.

Але внаслідок непаралельності пучка випромінювача до горизонтальної осі рівня відлік зменшений на величину  $x$  і відповідно:

$$h = i_1 - (a_1 + x);$$

Переносимо нівелір в точку В і встановлюємо його на відстані 2-3м від неї. Беремо відліки  $i_2$  по рейці в точці В і  $a_2$  по рейці в точці А. Відповідно:

$$h = (a_2 + x) - i_2$$

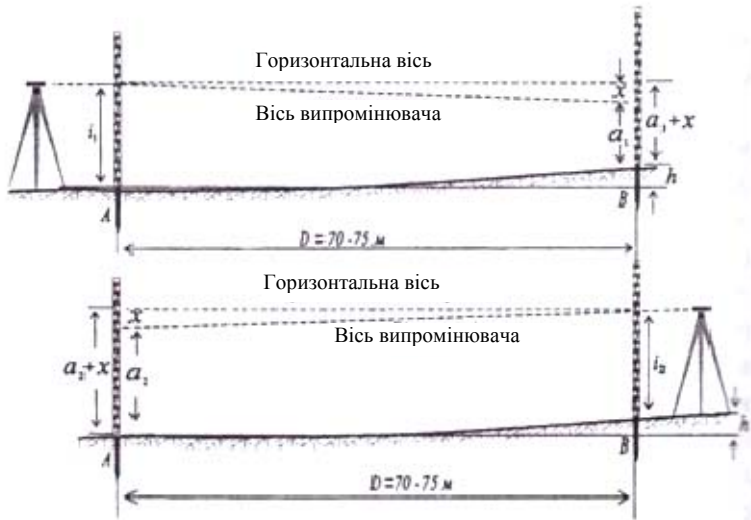
Прирівнюючи ці вирази отримаємо:

$$i_1 - (a_1 + x) = (a_2 + x) - i_2;$$

і вирішивши відносно  $x$  знайдемо:

$$x = \frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Якщо  $x \leq 4$  мм , умова виконана. В іншому випадку необхідна юстировка, яка в різних нівелірах виконується по-різному.



**Рис. 6. Виконання перевірки головної умови нівеліру за допомогою подвійного нівелювання.**

**4. Горизонтальна нитка сітки труби має бути перпендикулярна вісі обертання нівеліра.**

Приводять вісь обертання нівеліра у вискове положення. Встановлюють в 20-50 м від приладу нівелірну рейку і наводять на неї спочатку лівим а потім правим краєм поля зору, відраховуючи по горизонтальній нитці сітки. Горизонтальна нитка рахується встановленою, якщо різниця відліків не перевищує 1 мм.

**5. Візирна вісь зорової труби має бути паралельна вісі пучка випромінювача.**

Прилад установлюють на відстані 10-20м від екрана і, спостерігаючи в зорову трубу, відмічають на екрані проекцію хреста сітки ниток. Заміряють лінійкою з міліметровими поділками горизонтальну та вертикальну

складові відстаней між центром плями та проекцією хреста сітки ниток. Наводять промінь лазера на екран, встановлений на граничній відстані від приладу, і виконують ті ж вимірювання.

Якщо відстань між відповідними точками та горизонтальні й вертикальні проекції відстаней на різних екранах рівні, умова, що перевіряється, виконана.

При невиконанні умови на дальньому екрані помічають центр світлового пучка, відкладають від нього горизонтальний і вертикальний відрізки, що на ближньому екрані. Виправними гвинтами зміщують сітку ниток або повертають трубу в таке положення, щоб зображення побудованої на екрані точки опинилося в хресті сітки ниток.

#### **Питання для самоперевірки:**

1. Для чого проводять перевірку лазерних нівелірів?
2. До якої осі приладу повинна бути паралельна вісь круглого рівня?
3. В яких площинах розташовані осі пучка випромінювача та циліндричного рівня?
4. Яке просторове положення займає горизонтальна лінія сітки ниток оптичної труби по відношенню до вісі обертання приладу?
5. До якої осі приладу повинна бути паралельна вісь зорової труби?



### **ТЕМА 3. ПЕРЕВІРКА ЛАЗЕРНИХ ТЕОДОЛІТІВ**

**Мета роботи** – навчитися робити перевірку теодолітів для безпохибкової роботи приладу.

Перевірками лазерних теодолітів визначають відповідність геометричних умов взаємного положення зорової труби, випромінювача та інших частин приладу, необхідних для побудови кутів та напрямлень. Розглянемо перевірки лазерних теодолітів.

#### **Хід роботи:**

**1. Вісь циліндричного рівня аліади горизонтального круга має бути перпендикулярна вісі обертання приладу.**

Для цього встановлюють рівень в напрямку , паралельному лінії, що проходить через два довільних під'ємних гвинтів, і, обертаючи гвинти в різні сторони, приводять бульку на середину. Поворотом аліади на  $90^\circ$  встановлюють рівень в напрямку третього під'ємного гвинтаі, обертаючи його, знову приводять бульку рівня в нуль пункт.

Після цієї наближеної установки аліади і лімба в горизонтальне положення виконують безпосередню перевірку рівня.

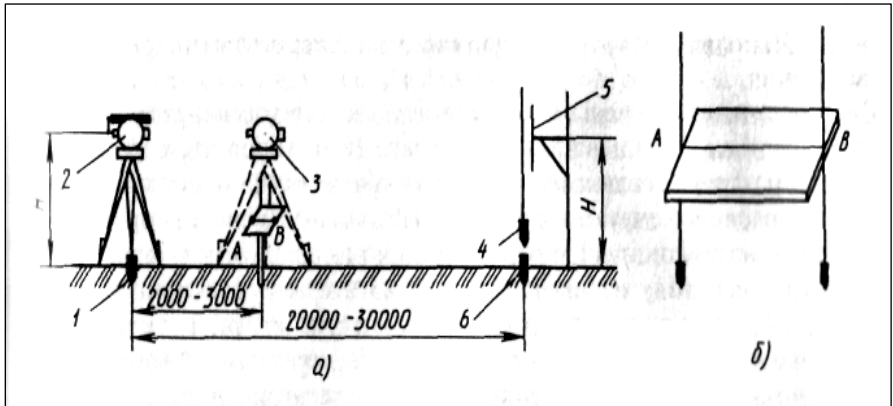
Вісь рівня встановлюють в напрямку, паралельному лінії, що з'єднує два довільних під'ємних гвинта і вищеописаними діями приводять бульку в нуль-пункт. Це положення фіксується на лімбу. Повертають аліаду на  $180^\circ$ . Якщо булька рівня після повороту залишилася в нуль-пункті або відхилилася від нього не більше ніж на дві поділки, то умова виконана. В іншому випадку виправним гвинтом рівня переводять бульку в нуль-пункт на половину дуги відхилення, а під'ємними гвинтами, в напрямку котрих направлений рівень, приводять бульку в

нуль-пункт.

**2. Вісь пучка випромінювача не повинна перетинати вісі обертання приладу.**

Для виконання перевірки слід використати додатковий оптичний теодоліт. Лазерний теодоліт 2 (рис.7,а) приводять в робочий стан, забивають під ним кілок 1 та проектують вісь обертання теодоліта на його верхній торець.

На відстані 20-30 м від теодоліта встановлюють екран (5) та визначають на ньому положення центру світлової плями. З великою точністю вісь світлового пучка може бути спроектована при двох положеннях екрана на кілок (6) і столик (рис. 7,б). У перше і друге положення екран встановлюють так, щоб нитка виска (4) при проектуванні центру світлової плями в першому положенні торкалась одного краю столика (точка А), а в другому – другого (точка В).



**Рис. 7. Проектування центру світлового пучка з екрана на кілок (а) та столик (б):**

*1, 6 – кілки; 2,3 – послідовно встановлені лазерні теодоліти; 4 – висок; 5 - екран*

На столику точки торкання (А і В) з'єднують лінією – проекцією вісі світлового пучка.

Положення проекції вісі світлового пучка визначають двічі в точці, розміщеній в 2...3 м від лазерного теодоліта. Допоміжний теодоліт (3) встановлюють і центрують над проекцією вісі світлового пучка. Трубу теодоліта орієнтують по лінії створу і потім наводять на точку, над якою зцентрований лазерний теодоліт (вертикальна вісь його обертання), позначаючи на ньому слід колімаційної площини теодоліта. Слід має збігатися з проекцією вісі світлового пучка. Незбігання відстані від сліду до вісі пучка характеризує величину зміщення вісі пучка випромінювання від вертикальної вісі обертання лазерного теодоліту. Для усунення позацентрованості вісі пучка випромінювання лазерну трубу зміщують уліво або вправо, не повертаючи коліматор на трубі випромінювача або сам випромінювач.

### **3. Вісь пучка випромінювача має бути перпендикулярна вісі його обертання.**

Як правило, випромінювач лазерних теодолітів переводиться через зеніт або перекладається в лагерах. При положенні випромінювача, що близький до горизонтального, центр світлової плями наводять на вертикально розміщену мітку на екрані, встановленому на відстані 300 м від теодоліта. За горизонтальним кругом беруть відлік.

Переводять випромінювач через зеніт або перекладають його в лагерах, наводять на ту ж мітку на екрані й беруть відлік за горизонтальним кругом. Кут відхилення вісі пучка від перпендикуляра до вісі обертання випромінювача (за аналогією з геодезичними приладами) називають колімаційною похибкою і визначають за формулі:

$$C = \frac{(\Pi - \mathcal{L} \pm 180^\circ)}{2},$$

де  $\Pi$ ,  $\mathcal{L}$  – відліки при правому і лівому кругах, відповідно.

Зменшення колімаційної похибки до зневажливого мінімуму проводять встановленням світлової плями на середнє значення між його проєкціями при правому і лівому кругах. При цьому центр світлової плями, змістившись з вертикальної мітки, юстирувальними гвинтами повертають до вертикальної мітки.

У лазерних теодолітах з випромінювачем, що не переводиться через зеніт і не перекладається в лагерах, перевірку перпендикулярності осі пучка до осі обертання випромінювача виконують після перевірки паралельності візирної осі зорової труби з випромінювачем осі пучка випромінювання. Виконання перевірок для кожного типу лазерних теодолітів може відрізнятися від стандартної програми, тому їх виконують за правилами, викладеними в технічних паспортах приладів.

**4. Вертикальна нитка сітки ниток зорової труби має бути перпендикулярна осі обертання випромінювача.**

Для перевірки цієї умови приводять теодоліт в горизонтальне положення, наводять центр сітки ниток на яку-небудь точку, і працюючи мікрогвинтами алідади або лімба, повертають зорову трубу вправо або вліво, пропускаючи точку по всій нитці. Вибрана точка повинна залишатися на горизонтальній нитці. У випадку відхилення точки від горизонтальної лінії відпускають виправні гвинти сітки і повертають її таким чином щоб умова виконувалась.

**5. Вісь пучка випромінювача повинна лежати в площині, що проходить крізь візирну вісь та вертикальну нитку зорової труби.**

Перевірку виконують послідовними наближеннями.

На відстані до 300 м від приладу встановлюють екран

і спостерігають у зорову трубу за положенням плями відносно нитки сітки ниток. Якщо плями не збігаються з вертикальною ниткою, сітку зміщують виправними гвинтами в положення збігання.

На відстані до 20м установлюють другий екран і позначають на ньому центр світлового пучка та проекцію хреста сітки ниток. Відстань між точками екрані показує, наскільки має зміститися зорова труба вбік світлової плями.

Після зміщення світлової плями за ближнім екраном, трубу наводять на віддалений екран і виконують перевірку знову.

Перевірку за дальнім та ближнім екранами виконують до суміщення (поєднання) проекцій осі труби з віссю світлового пучка.

**6. Візирна вісь зорової труби має бути паралельною осі пучка випромінювача.**

Для виконання перевірки використовують два екрани. Відстані між проекціями осей зорової труби і пучка випромінювання, проміряні на ближньому та дальньому екранах, мають бути рівні. У разі нерівності виправлення проводять таким способом:

на дальньому екрані по лінії, що з'єднує центр світлової плями та проекцію хреста зорової труби, відкладають відрізок, що дорівнює відстані між точками на ближньому екрані. На отриману точку виправними гвинтами, що змінюють нахил зорової труби у вертикальній площині, наводять візирну вісь зорової труби. Перевірку повторюють, добиваючись рівності відстаней між віссю на обох екранах.

**7. Вісь обертання випромінювача має бути перпендикулярна осі обертання інструмента.**

Установлюють прилад на відстані до 20 м від стіни. Наводять промінь на чітко видиму на стіні точку О,

розміщену вище горизонту під кутом нахилу до  $30^\circ$ . Опускають випромінювач у горизонтальне положення і фіксують центр світлового пучка  $O_1$ . Перевівши випромінювач через зеніт, знову наводять центр світлової плями на точку  $O$ , опускають випромінювач і позначають центр світлової плями  $O_2$ . Відрізок

$$O_1O_2 \leq \frac{\tau \times \operatorname{tg} \alpha \times d}{P},$$

де  $\tau$  – ціна поділок рівня алідади горизонтального круга;  
 $\alpha$  – кут нахилу світлового променя;  
 $d$  – відстань від приладу до стіни.

Якщо відрізок  $O_1O_2$  більший нормованого в технічному паспорті приладу, світловий промінь наводять на середину відрізка  $O_1O_2$ . Після цього повертають випромінювач навколо горизонтальної осі й наводять промінь на точку  $O$ . Центр світлової плями не суміститься з точкою  $O$ . Виправними гвинтами підставки труби піднімають або опускають вісь обертання випромінювача в таке положення, щоб точка  $O$  опинилася в центрі світлової плями.

При виконанні цієї перевірки допускається, по-перше, замість наведення на точки  $O$ ,  $O_1$  і  $O_2$  центру світлової плями наводити хрест сітки ниток зорової труби, укріпленої на випромінювачу, оскільки вісь обертання випромінювача є і віссю обертання труби; по-друге, замість наведень хреста ниток на точки  $O$ ,  $O_1$  і  $O_2$  можна наводити його на нитку виска, підвішеного на відстані 20 м від приладу. Спочатку трубу наводять на нитку виска при куті нахилу випромінювача до  $40^\circ$ , а потім повертають випромінювач у горизонтальне положення і спостерігають у трубу за положенням відображення нитки виска відносно хреста сітки ниток.

### **8. Вісь циліндричного рівня при випромінювачі має бути паралельна вісі пучка випромінювання.**

Перевірку виконують за наявності на випромінювачі циліндричного рівня для приведення вісі пучка випромінювача в горизонтальне положення. На відстані 100 м від випромінювача встановлюють нівелірну рейку і, привісивши пузир рівня в нуль-пункт, беруть відлік за рейкою  $O_1$  (по центру світлового пучка). Другу рейку встановлюють на відстані до 3 м від приладу й аналогічно беруть відлік  $b_1$ . Прилад переносять до першої рейки (3 м) й беруть по ній відлік  $a_2$ , а по другій –  $b_2$ . Зумовлена непаралельністю похибка

$$x = \frac{(a_1 - a_2)}{2} - \frac{(b_1 - b_2)}{2};$$

При  $x \geq 4$  розраховують правильний відлік  $b_2 = b_1 - x$  за дальньою рейкою, наводять світловий промінь на цей відлік і виправними гвинтами рівня приводять його пузир в нуль-пункт.

### **9. Місце нуля (або zenіту) вертикального круга має дорівнювати нулю.**

Якщо у теодоліта з випромінювачем переводиться труба через zenіт або перекладається в лагерах, перевірку виконують так:

у центр світлової плями наводять на чітко видиму точку при кругі “право” (П). Пузир рівня при алідаді вертикального круга приводять в нуль-пункт і беруть відлік за вертикальним кругом. Трубу переводять через zenіт або перекладають у лагерах – круг “ліво” (Л), наводять центр світлової плями на ту ж саму точку і знову беруть відлік. При відліках П і Л розраховують кут нахилу  $\alpha$  та місце нуля МО (або місце zenіту МZ).

У різних типів теодолітів оцифровка поділок вертикального круга різна, тому формули для розрахунків  $\alpha$ , МО, МZ наводяться в технічних паспортах, що

поставляються разом з теодолітами.

Якщо  $O < MO > O$  або  $O < MZ > O$ , розраховують відлік за вертикальним кругом (для П або Л), що відповідає куту нахилу  $\alpha$  при  $MO = O$  або  $MZ = O$ . Після цього наводять випромінювач на первісну точку, мікрометричним гвинтом алідади вертикального круга встановлюють відлік, що дорівнює розрахованому, а виправними гвинтами рівня приводять його в нуль-пункт. Для того, щоб упевнитися в правильності виконання, перевірки  $MO$  і  $MZ$  визначають знову.

Якщо у теодолітів з випромінювачами труба через зеніт не переводиться і не перекладається в лагерах, перевірку виконують так:

встановлюють дві рейки на відстані 70-100 м одна від одної. В трьох метрах від однієї з рейок установлюють теодоліт, приводять його в робоче положення, наводять на дальню рейку, перевівши пузир рівня при алідаді вертикального круга на середину. Навідним гвинтом випромінювача встановлюють відлік, що відповідає його горизонтальному положенню. По центру світлового пучка за дальньою рейкою беруть відлік  $a_1$ . Наводять трубу на ближню рейку, і беруть відлік  $b_1$ . Після цього переміщують теодоліт до дальньої рейки і встановлюють його на відстані 2...3 м. Знову беруть відліки за дальньою  $a_2$  та ближній  $a_2$  рейках.

За відліками розраховують похибку  $x$  у відліку, що викликана непаралельністю осі рівня осі світлового пучка

$$x = \frac{(a_1 - a_2)}{2} - \frac{(b_1 - b_2)}{2}$$

і визначають місце нуля зеніту

$$MO = \frac{x}{dp},$$

де  $d$  – відстань від теодоліта до дальньої точки,  
 $p$  - значення радіана (3438' і 206265").



Якщо місце нуля за абсолютною величиною більше, ніж половина ціни поділкв  $\tau$  рівня при вертикальному кругу (МО) $>1/2\tau$ , його зменшують. Для цього центр світлової плями наводять на відлік за дальньою рейкою, що дорівнює  $b_2^1 = b_2 - x$  і мікрометричним гвинтом алідади вертикального круга встановлюють відлік, що відповідає горизонтальному положенню випромінювача, якщо місця нуля або zenіту рівне нулю, і виправними гвинтами рівня виводять його пузир в нуль-пункт.

**10. При фокусуванні колиматора на різні відстані положення осі пучка випромінювання має залишатися незмінним.**

Якщо труба теодоліта переводиться через zenіт або перекладається в лагерах, перевірку виконують так:

фокусують світловий пучок на екрани, розміщені на відстанях 20, 50, 100, 200, 300 і 400 м при П і Л і за правилами перевірки 4 визначають колімаційну помилку. Якщо коливання колімаційної помилки більше або дорівнює точності теодоліта, її виправляють за правилами перевірки 4, використовуючи відстані, що найбільш часто трапляються від екрана до теодоліта.

### **Питання для самоперевірки:**

1. Для чого проводять перевірку лазерних теодолітів?
2. До якої осі приладу повинна бути перпендикулярна вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга?
3. Яку вісь приладу не повинна перетинати вісь пучка випромінювача?
4. В якій площині повинна лежати вісь пучка випромінювача?
5. До якої осі повинна бути паралельна вісь пучка випромінювача?

#### **ТЕМА 4. ПЕРЕВІРКА ЛАЗЕРНИХ ПРИЛАДІВ ЗАДАННЯ ВЕРТИКАЛІ**

**Мета роботи** – навчитися робити перевірку лазерних приладів для задання вертикалі для їх безохибкової роботи.

Далі детально розглядаються лише ті перевірки, що характерні для лазерних приладів, інші ж слід виконувати так само, як для оптичних приладів задання вертикалі.

#### **Хід роботи:**

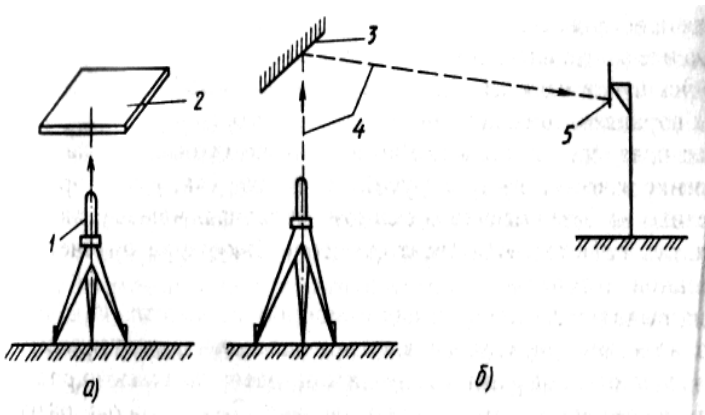
Прилади, випромінювач яких установлюють у прямовисне положення за допомогою циліндричних рівнів, перевіряють в такому порядку:

##### **1. Вісь пучка випромінювача має збігатися з віссю обертання приладу.**

Для виконання перевірки в 4<sup>х</sup>м над приладом (рис.8,а) горизонтально закріплюють екран (2) з міліметровою координатною сіткою. При первісному положенні приладу беруть відлік за палеткою, потім повертають випромінювач на 180° навколо вертикальної осі й знову беруть відлік за координатною сіткою на екрані. Якщо координати центру світлової плями при двох положеннях відрізняються більш ніж на 2 мм, юстирувальними гвинтами зміщують випромінювач або його коліматор в таке положення, при якому центр світлової плями опиниться в точці О із середніми координатами.

Другу частину перевірки виконують аналогічно, але екран установлюють на можливо більшій висоті над приладом (70...100 м).

Різниця у відліках більш ніж на 2 мм вказує на непаралельність осей світлового пучка і обертання приладу.



**Рис. 8** Перевірка збігання осі пучка випромінювання та осі обертання приладу по екрану (а) з застосуванням відбивача (б):

*1 – прилад; 2, 5 – екрани; 3 – відбивач; 4 – промінь.*

Аналогічне діям при екрані, закріпленому над приладом.

Якщо розміщення екрана над приладом 1 на значній висоті ускладнено, перевірку виконують, розміщуючи над приладом (рис.8,б) відбивач 3 (призма, дзеркало) у такому положенні, щоб світловий промінь 4 потрапив на екран 5. Визначення не збігання осей та його виправлення.

Візирна вісь оптичного центра приладу має збігатися з віссю його обертання.

Прилади, випромінювач яких встановлюється у прямовисному положенні в автоматичному режимі, перевіряють в такому порядку:

**1. Вісь круглого рівня має бути паралельна осі обертання приладу.**

Встановлюємо підймальними гвинтами підставки бульбашку круглого рівня на середину і обертаємо прилад на  $180^\circ$ , Якщо бульбашка рівня зміститься з середини, то її

переміщують до середини на половину відхилення виправними гвинтами рівня. Для цього один із гвинтів викручують, а два інших вкручують у корпус, на якому розташований рівень.

## **2. Вісь пучка випромінювача має збігатися з віссю обертання приладу.**

Перевірку виконують аналогічно перевірці 2 для лазерних приладів задання вертикалі, випромінювач яких установлюється у прямовисне вертикальне положення за допомогою рівнів. Осі приладів з карданним підвісом випромінювача суміщають коліматором.

Якщо центрування пучка, що випромінюється, надійно забезпечене конструкцією приладу, перевірку можна не виконувати.

Для приладів, вісь світлового пучка яких приводиться в прямовисне положення автоматично, виконують таку перевірку:

## **3. Вісь пучка випромінювання має займати прямовисне положення.**

Перевірку виконують так само, як у разі, коли вісь пучка приводиться в прямовисне положення за допомогою рівнів. Якщо різниця відліків більше, ніж 2 мм, юстирувальними гвинтами повертають випромінювач (або коліматор) і наводять центр світлової плями на середнє положення, після чого перевірку повторюють.

Для приладів, вісь світлового пучка яких приводиться у вертикальне положення в двох площинах, виконують таку перевірку:

## **4. Вісь пучка випромінювання встановлюють у прямовисній площині, паралельній осі підвіски компенсатора.**

Як правило, вісь підвіски компенсатора горизонтальна, а її направлення відомо з конструкції приладу. Так, у приладів, виготовлених на базі нівелірів із

самоустановною віссю візування, вісь підвіски компенсатора перпендикулярна оптичній осі зорової труби. Для виконання перевірки над приладом на висоті 70...100 м, як показано на малюнку 8а, встановлюють палетку.

Прилад орієнтують так, щоб вісь підвіски компенсатора розташовувалася паралельно одній із осей, наприклад  $x$ , на сітці екрана. За другою віссю розгородки сітки екрана  $y$  відраховують ординату положення центру лазерної плями. Випромінювач повертають на  $180^\circ$  і знову відраховують ординату  $y$ . Якщо отримані відліки відрізняються більше ніж на 2 мм, виправлення проводять так, як у нівелірів з компенсаторами.

### **Питання для самоперевірки:**

1. Для чого проводять перевірку лазерних приладів задання вертикалі?
2. До якої осі повинна бути перпендикулярна вісь циліндричного рівня?
3. З якою віссю повинна збігатися вісь пучка випромінювача?
4. З якою віссю повинна збігатися вісь оптичного центру?
5. Яка різниця в міліметрах вказує на непаралельність осей світлового пучка та осі обертання приладу?

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левицкий И. Ю. Геодезия с основами землеустройства / И. Ю. Левицкий, Е. М. Крохмаль, А. А. Реминский. – М. : Недра, 1977. – 256 с.
2. Вервейко А. П. Землеустройство с основами геодезии / А. П. Вервейко. – М. : Недра, 1988. – 321 с.
3. Фнельдман В. Д. Основы инженерной геодезии / В. Д. Фнельдман, Д. Ш. Михелев. – М. : Высшая школа, 2001. – 198 с.
4. Ващенко В. Геодезичні прилади та приладдя / В. Ващенко, В. Літинський, С. Перій. – Львів : Євросвіт, 2006. – 208 с.
5. Кислов А. В. Геодезия : учебник / А. В. Кислов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. – М. : Недра, 1980. – 230 с.
6. Данилов В. В. Геодезия : учебник / В. В. Данилов, Л. С. Дренов, Н. П. Дожевников. - М. : Недра, 1974. – 245 с.
7. Маслов А. В. Геодезия : учебник / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Н. Н. Александров. – М. : Недра, 1972. – 220 с.

Навчальне видання

**ГЕОДЕЗІЯ ТА  
ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ**

Методичні рекомендації

Укладач: **Задорожній Юрій Володимирович**

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 2,0.  
Тираж 50 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 4490 від 20.02.2013р.

