

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



Рій І.Ф., Бочко О.І., Біда О.Ю.

ЕЛЕКТРОННІ ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ

Навчальний посібник

Львів-2021

УДК 528.5-028.27(075.8)

Р 49

Рецензенти: **Курильців Р.М.**

доктор економічних наук, професор кафедри кадастру територій
Національного університету «Львівська Політехніка»

Поляковська Л.Л.

кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії
Національного університету «Львівська Політехніка»

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Львівського національного аграрного університету
Протокол № 7 від 3. 06. 2021 р.*

Рій І.Ф., Бочко О.І., Біда О.Ю.

Електронні геодезичні прилади : навч. пос. / І. Ф. Рій, О. І. Бочко, О. Ю. Біда –
Львів : «ГАЛИЧ-ПРЕС», 2021. – 336 с.: іл.

ISBN 978-617-7617-72-2

В підручнику викладена теорія електронних методів визначення віддалей, напрямків і кутів, описані сучасні електронні геодезичні прилади і системи, в яких реалізовано ці методи, а саме електронні віддалеміри, електронні теодоліти та тахеометри, цифрові нівеліри, лазерні сканери, глобальні супутникові системи. Особлива увага приділена функціональним схемам приладів, їх будові та процесу виконання ними вимірювань.

Навчальний посібник призначений для студентів, які вивчають дисципліни топографію, геодезію, електронні геодезичні прилади, інженерну геодезію.

ISBN 978-617-7617-72-2

© Рій І.Ф., Бочко О.І., Біда О.Ю., 2021

© Львівський національний
аграрний університет, 2021

Наукове видання

РІЙ Іван Федорович, БОЧКО Олександр Іванович, БІДА Олег Юрійович

ЕЛЕКТРОННІ ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ

Навчальний посібник

Виходить в авторській редакції

ЗМІСТ

	ВСТУП	5
1	Історичний екскурс в розвиток геодезичних пристроїв	7
2	Лазери. Лазерні візири. Лазерні рулетки	21
3	Цифрові та лазерні нівеліри	47
3.1	Особливості конструкції цифрових нівелірів та рейок.	47
3.2	Основні похибки цифрового нівелювання	55
3.3	Будова, налаштування та перевірка цифрового нівеліра SOUTH DL-202	59
3.4	Будова, налаштування та перевірка цифрового нівеліра Leica Sprinter 200M	94
3.5	Використання лазерних вимірювальних приладів у будівництві	108
4	Електронні теодоліти. Електронні тахеометри	116
4.1	Класифікація теодолітів та тахеометрів	116
4.2	Принцип роботи автоматичних систем відліків електронних теодолітів та тахеометрів	120
4.3	Вимірювання горизонтальних кутів електронними теодолітами (тахеометрами)	128
4.4	Будова електронних тахеометрів SOKKIA SET 610, SOKKIA SET 610 K	129
4.5	Перевірки та підготовка до роботи електронного тахеометра SOKKIA SET 610, SET 610 K	152
4.6	Будова, структура та функції головного меню електронного тахеометра Leica TCR 405 Ultra	163
4.7	Будова, структура та функції головного меню електронного тахеометра Leica TPS 1205+	184
4.8	Будова, структура та функції головного меню електронного тахеометра SOUTH NTS-352R(L)	200
5	Наземне лазерне сканування. Мультистанції та наземні лазерні	238

сканери.

6	Глобальні навігаційні супутникові системи. Короткі відомості з історії створення глобальних навігаційних систем. Принципи роботи систем GPS. Супутникове геодезичне обладнання	247
6.1	Поняття про глобальні навігаційні супутникові системи	247
6.2	Будова системи NAVSTAR/GPS	250
6.3	Основні джерела помилок GPS–спостережень	259
6.4	Загальний принцип визначення координат точки за допомогою GPS-вимірювань	266
6.5	Класифікація методів та технологій визначення координат за допомогою GPS-вимірювань	269
6.6	Поняття про мережі перманентних станцій та використання їх даних при супутникових спостереженнях	282
6.7	Одночастотний GPS – приймач фірми LEICA «SR 20»	286
6.7.1	Будова та технічні характеристики GPS – приймача фірми LEICA «SR 20»	286
6.7.2	Складання проекту та робота на станції з приймачем LEICA «SR 20»	296
6.8	Двочастотний GNSS-приймач SPECTRA PRECISION EPOCH 35	304
7	Додаткові геодезичні пристрої та обладнання	321
	Бібліографічний список	332

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Електронні геодезичні прилади» є набуття студентами поглиблених знань про використання сучасних технологій при веденні геодезичних робіт наземними методами із застосуванням сучасних електронних теодолітів, тахеометрів, цифрових нівелірів, глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС), освоєння програмних продуктів обробки результатів спостереження при вирішенні різних завдань з геодезії, картографії та землеустрою.

Завдання – надати студенту знання про основну частину сучасних електронних геодезичних приладів. Вивчення теоретичних питань в різних розділах дисципліни «Електронні геодезичні прилади» супроводжується виконанням лабораторних занять, де велике місце відводиться виконання робіт з електронними тахеометрами, цифровими нівелірами, а також роботі з супутниковою апаратурою, математичній обробці відповідних спостережень і оцінки їх точності, а також у вирішенні завдань з геодезії та землеустрою.

Предмет курсу- це інженерно-технічна прикладна дисципліна, яка вивчає теорію і устрій електронних геодезичних приладів, а також елементи їх конструювання, виготовлення, перевірки і дослідження. Геодезичні прилади в більшості застосовуються в геодезії, але мають значне використання і в інших інженерно-технічних дисциплінах: землеустрої; лісоустрої; дорожніх вишукуваннях; меліорації та інших.

Останніми роками в ряду геодезичних приладів з'явилися спеціальні геодезичні прилади, які мають застосування в машинобудуванні, приладабудуванні, спеціальних будівельних роботах та іншому. Це такі геодезичні прилади: лазерні геодезичні прилади, автоколімаційні прилади, GPS-приймачі.

Найважливішою характеристикою кожного геодезичного приладу є точність.

Для вирішення наукових і практичних завдань, а саме: побудова опорної

геодезичної мережі, інженерні вишукування, роботи в будівництві і експлуатації інженерних споруд; інженерні роботи при: землеустрої, лісоустрої, геологічних роботах та гідромеліоративних роботах та ін.; контроль геометричних параметрів на машинобудівних заводах, де геодезичний прилад використовується як зразковий засіб атестації.

Великим класом спеціальних приладів є лазерні геодезичні прилади: лазерні теодоліти, лазерні візирі, лазерні нівеліри і лазерні прилади вертикального проектування

Останньою розробкою приладу для визначення місцеположення є GPS – приймачі.

Сучасна польова геодезична апаратура представляє собою поєднання електронного або оптико-електронного устаткування та процесора. Обробку вимірювань виконують на комп'ютерах *в режимі реального часу* або майже одночасно з їх виконанням. Практичний досвід показує, що на крупних об'єктах 60-70% роботи виконується з використанням супутникових методів, а все інше наземними методами, в основному електронними тахеометрами.

Даний посібник призначений для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Для більш досконалого засвоєння дисципліни необхідна практична робота з сучасними навігаційно-геодезичними супутниковими системами та електронними тахеометрами в ході виконання лабораторних робіт.

Висловлюємо найщирішу подяку нашим рецензентам: Курильціву Роману Михайловичу доктору економічних наук, професору кафедри кадастру територій Національного університету «Львівська Політехніка» та Поляковській Людмилі Леонідівній кандидату технічних наук, доценту кафедри інженерної геодезії Національного університету «Львівська Політехніка» за велику, здійснену з любов'ю працю під час рецензування цього видання.

Розділ 1.

ІСТОРИЧНИЙ ЕКСКУРС В РОЗВИТОК ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИБОРІВ

Геодезія, як одна із стародавніх наук, виникла із практичних потреб людства при вирішенні різноманітних господарських та інженерних завдань. Зведення інженерних споруд в прадавні часи (каналів, палаців, пірамід в Єгипті, старовинних міст в Індії, зрошувальних систем в Японії, Великої Китайської стіни і т.і.) вимагало глибоких знань з геодезії та виконання геодезичних вимірювань. Першими геодезичними приладами були: мірні мотузки, мірні рейки, ватерпаси з виском і компаси.

Великий внесок у розвиток геодезичних вимірювань та землемірної справи в стародавні часи внесли представники арабської, грецької і римської науки. Тут досить назвати роботу Герона Олександрійського „Про діоптру” (100 років до н.е.), де він запропонував кутомірний прилад з діоптрами і поворотною лінійкою; астролябію Гіппарха з лімбом діаметром 10-20 см з градусними поділками, яку по праву можна рахувати прообразом теодолітів; римський землемірний хрест (прообраз еккера) для розбивки прямих кутів на місцевості; удосконалений арабами китайський компас для цілей кутових вимірювань. Приблизно до цього часу відносяться виконані Ератосфеном за допомогою гномона (сонячного годинника) перші інструментальні визначення кола Землі. Для астрономічних спостережень широко використовувався пристрій для поділення лімбів через 5', який сконструював арабський вчений Біруні (973-1048р.р.).

Новому поштовху розвитку науки дали великі географічні відкриття. Нові пізнання в галузі фізики і механіки вплинули на розвиток і удосконалення геодезичних приладів. Леонардо Да Вінчі (1452-1519р.р.) сконструював возик для вимірювання пройденого шляху, лічильник кроків, а також запропонував для компасу круглий корпус. Француз Фурнель в 1525р. для визначення радіусу Землі застосував мірне колесо, при цьому 17024 оберти колеса відповідали 1°

дуги меридіана.

В другій половині XVI ст., а саме в 1552р., на основі астролябії англієць Діггс створив прилад для вимірювання горизонтальних кутів і вперше запропонував термін „теодоліт”. Для встановлення на місцевості геодезичних приладів з’явилися штативи. Німецький професор Преторіус винайшов мензулу з лінійками і діоптрами, яка пізніше уже використовувалась в сполученні з кіпрегелем.

В 1609 р. італійський вчений Галілео Галілей (1564-1642 р.р.) створює зорову трубу, що складалась з скляних лінз. Вона отримала назву голландської зорової труби, або труби Галілея. В 1611 році Іоган Кеплер (1571-1630 р.р.) запропонував два варіанти зорової труби з сіткою ниток з прямим (земна труба) і зворотнім (астрономічна труба) зображенням. Це дало можливість практичного застосування лінзових зорових труб в вимірювальних геодезичних і астрономічних приладах, хоча збільшення труб було невеликим (від 9 до 30 крат).

Одночасно удосконалювалися відлікові улаштування. Запропонований в 1583р. німецьким математиком Клавіусом принцип ноніуса в 1631 р. вперше реалізує голландець Петер Вернер (1580-1637р.р.) під назвою „верньєр”.

Пізніше, в середині XVIII ст. англійчанин Джесс Рамсден (1735-1800р.р.) винайшов мікроскоп з гвинтовим мікрометром для точного відліку по шкалах. Запропонований в 1662р. французом Жевено циліндричний рівень сприяв розвитку нівелірів з рівнями. В 1770р. І. Мейєр в Геттінгені вперше застосовує круглий рівень з металевим резервуаром для горизонтування приладу.

Велике значення для удосконалення геодезичних приладів мали розробки нових типів осьових систем. В 1785р. французький астроном Борда, а в 1830р. гамбурзький механік Репсольд запропонували нові осьові системи для обертання рухомої частини інструмента відносно нерухомої. В 1804 р. Георг Рейхенбах (1772-1826 р.р.) сконструював повторювальний теодоліт. Також він у 1810 р. ввів в зорову трубу віддалемірні нитки для визначення похилих віддалей по вертикальній рейці. Застосування віддалемірних ниток для

отримання горизонтальних прокладень привело в 1900 р. до реалізації принципу Гаммера-Феннеля, в конструкції першого номограмного тахеометра з зоровою трубою італійця Порро (1801-1875 р.р.).

На початку XIX ст з'явилися зразки оптичних віддалемірів з базисом при інструменті. Віддалеміри працювали на принципі подвійного зображення або в стереоскопічному варіанті. Більш легкі і компактні прилади з'явилися завдяки застосуванню чехами Йозефом і Яном Фрич в 1886 р. скляних лімбів.

Швейцарець Генріх Вільд (1877-1951 р.р.) зробив великий внесок у модернізацію та вдосконалення геодезичних приладів, серед головних винаходів є:

- 1) труба з внутрішнім фокусуванням;
- 2) контактний рівень;
- 3) мікрометр нівеліра з плоскопаралельною пластинкою;
- 4) оптичний мікрометр;
- 5) осьова система на шарикопідшипниках;
- 6) інварні рейки;
- 7) віддалемір подвійного зображення у вигляді насадки на об'єктив труби.

XIX і XX ст. замість невеликих майстерень, де розроблялись і виготовлялись геодезичні прилади почали з'являтися великі фірми і заводи. Найбільш відомі серед них: швейцарські фірми "Акціонерне товариство Керн и Ко" (1819 р.), "Акціонерне товариство Вільд"(1921 р.); німецькі фірми "Карл Цейс" (1846 р.), "Оптон", "Асканія", заводи: "Отто Френель і Ко", "Точної механіки Ертеля"; шведська фірма АГА; англійські фірми "Теллуrometer", "Віккерс-Лімітед", "Віккерс Інструментс"; японська фірма "Сокіа", французький завод "Товариство оптики, точних приладів, електроніки і механіки"; фірма США "Спектрафізкс"; угорські оптичні заводи МОМ; чеський завод "Меопта"; "Польські заклади оптичні" та інші.

Перша російська державна оптична майстерня була створена при дворі Петра I спочатку в Москві, а пізніше – Петербурзі, де видатні російські оптики

І.Є. Беляєв і Д. Колосов виготовляли і ремонтували астролябії, квадранти, нівеліри та інші геодезичні і астрономічні інструменти. В 1725 р. створена Російська Академія Наук, при якій відкрилась оптична майстерня. В ній майстри І.Є. Беляєв та І.І. Калмиков самостійно виготовляють геодезичні та оптичні інструменти, зорові труби і дзеркальні телескопи.

З 1736 р. Академічною майстернею керує один із кращих спеціалістів механічної і інструментальної справи того часу А. К. Нартов (1694-1756). На станках Нартова обробляються механічні деталі геодезичних інструментів, а в майстерні виготовляють астролябії, ватерпаси з трубою (нівеліри), зорові і астрономічні труби, оптичне скло і дзеркала. Астролябія, наприклад, складалась з компаса, розташованого в центрі горизонтального кола, поділеного на 360° , двох пар діоптрів і штатива. Точність візування через діоптри досягала 15 – 20". В майстерні виконувались замовлення М. В. Ломоносова.

В той же час міжнародні обставини Росії вимагали забезпечення армії і морського флоту топографічними картами. Це сприяло створенню в 1797 р. спеціальної служби – Депо карт. В 1811 р. Депо карт організує механічну майстерню, де в значній кількості виготовляли астролябії, бусолі, зорові труби, мензули, стрічки та інші прилади для геодезичних і топографічних робіт. В 1821 р. майстерню реорганізують в механічний заклад Головного штабу. В 1822 р. при Головному штабі заснували Корпус військових топографів. З 1823 р. механічний заклад виготовляє удосконалений повторювальний теодоліт з повірочною трубою, що позитивно позначилось на результатах вимірювань. Для робіт геодезиста і астронома академіка В. Я. Струве був виготовлений повторювальний теодоліт з зоровою трубою, що мала фокусну відстань 400 мм і збільшення 35х. Відлікове улаштування теодоліта – верньєр 4" точності.

В 1868 р. механічний заклад виготовляє кіпрегель і мензулу нових зразків. Їх конструкція мала всі ознаки сучасних і майже 100 років не зазнавала суттєвих змін. Кіпрегель мав лінійку, на одному кінці якої знаходився рівень, а на другому – поперечний масштаб. На колонці, закріпленій посередині лінійки,

розташовувались зорова труба з сіткою ниток і „круг висот” з поділками через 1° і рівнем. Всі основні деталі кіпрегеля виготовляли із сплавів міді, що виключало вплив заліза на положення магнітної стрілки бусолі. В конструкцію „мюнхенської” мензули внесли зміни: змінили зв'язок мензульної дошки з штативом і надали їй мікрометричного руху.

За ініціативи військового геодезиста Д. Д. Геденова (1854-1908 р.р.) в 1883 р. введені зміни в конструкції нівелірів: покращено зв'язок рівня з зоровою трубою і застосовували бокове плоске дзеркало при рівні. Нівеліри подібної конструкції застосовувались на геодезичних роботах до 1940р. Д. Д. Геденов розробляє і впроваджує конструкцію малого вертикального круга для астрономічних спостережень. Заснована в 1839 р. академіком В.Я. Струве Пулковська обсерваторія з її механічною майстернею стала другим важливим закладом з виготовлення високоточних геодезичних і астрономічних інструментів. Кутомірні прилади з великими діаметрами горизонтальних кругів тут замінюють на менші за габаритами, але з більш точними поділками. Відлікові улаштування – ноніуси, замінюють на мікроскоп – мікрометр, що значно підвищило точність вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів.

З 1845 р. механічною майстернею Пулковської обсерваторії завідував Г.К. Брауер (1796-1882р.р.). Під його керівництвом розроблено багато оригінальних приладів: 1) універсальні прилади $2''$ і $10''$ точності; 2) точні рівні і екзаменатори для визначення їх ціни поділки; 3) нівелір – теодоліт; 4) диференціальні барометри, виготовлені на замовлення Д. І. Менделєєва і з успіхом застосовані геодезистами для нівелювання; 5) астрономічні пасажні прилади і малі вертикальні круги з ламаною зоровою трубою; 6) ділильну машину для лімбів.

Справу великого майстра продовжили його учні В. Ф. Гербер (1842-1909 р.р.) і Г. А. Фрейберг-Кондратьєв (1854-1943 р.р.). Перший удосконалює осьові системи, технологію шліфування цапф. За його способом цапфи виготовляли з точністю до 10мкм за 2 дні (замість 2-х тижнів раніше). Його майстерності належать 13 переносних пасажних інструментів для Росії і деяких обсерваторій

світу (Кембридж, Швеція, Німеччина), 2 базисних прилади і 3 компаратори, 5-футовий віддалемір, багато рівнів різної точності та інше.

Другий удосконалює ділильні машини і процес нанесення поділок на лімба, створює новий тип переносного зеніт – телескопа з ламаною трубою, подібних якому не було за кордоном. Таким чином, майстерні Військово – топографічного відділу Головного штабу і Пулковська механічна майстерня були передовими підприємствами того часу. Їх прилади за якістю не тільки не поступались закордонним, а в деяких випадках і перевершували зразки відомих фірм. Але промислового розвитку геодезичне приладобудування за часів царської Росії не отримало і парк приладів поповнювався значною мірою від німецької фірми “Гільдебранд”.

Значними досягненнями засобів лінійних вимірювань є розробки серії світловіддалемірів для визначення великих, середніх і малих відстаней. Розроблений і виготовлений в 1936 р. в Державному оптичному інституті під керівництвом А. А. Лебедева перший в світі світловіддалемір для вимірювання ліній довжиною до 3,5 км мав похибку біля 2-3 м. В 1953 р. В. П. Васильєв і В. А. Величко розробили світловіддалемір СВВ-1 для вимірювання відстаней до 15 км. В ЦНДІ і К в 1967р. розроблений світловіддалемір „Кварц” з гелій-неоновим лазером, дальність дії якого досягала 30 км з похибкою вимірювання $(2+2 \cdot 10^{-6}D)$ см, де D повинно бути в км. Особливо швидко знайшли впровадження на виробництві топографічні світловіддалеміри СТ-61, розроблені в «МШГА і К» під керівництвом В. Д. Большакова, і “Кристал” (ЦНДШГА і К), а також світловіддалеміри серії СМ. Наприклад, світловіддалемір СМ-3 з дальністю 1,6км мав похибку вимірювання 2-3см, а в удосконалених 2СМ-2, СМ-5 і 3СМ2 відповідно з дальністю дії 2км, 0,5км і 3-5км інструментальна похибка не перевищувала 1см. Більшість сучасних світловіддалемірів постачається автоматичною системою обробки інформації з видачею результатів вимірювання на табло.

Слід відзначити успішні розробки топографічних світловіддалемірів закордонними фірмами: Оптон Оберкохен, “Карл Цейс, Йєна” (Німеччина),

АГА (Швеція), “Вільд Хербруг” (Швейцарія), “Хсюлет Паккард” (США) та іншими. В діапазоні до 2-3 км більшість приладів мали інструментальну похибку 1-2 см. Під керівництвом А. А. Геніке (ЦНДШГА і К) в 60-х роках розроблені і знайшли застосування геодезичні радіодалекоміри ВРД і серійні РДГ і РДГВ, а також “Промінь” для великих відстаней і “Хвиля” для топографічних цілей.

Перші три прилади працюють в 10-сантиметровому діапазоні несучих радіохвиль, а наступні два – в 3-сантиметровому. Синтез топографічного світловіддалеміра з теодолітом (візуальним або кодовим) привів до створення електронних техеометрів (напівавтоматичних або автоматичних), що по суті є універсальним геодезичним приладом. Разом з вбудованими мікропроцесорами такі прилади забезпечують автоматизацію кутових вимірювань.

Автоматизація окремих операцій в геодезичних приладах реалізована, наприклад, при стабілізації візирної вісі нівелірів і оптичного індекса вертикального круга за допомогою різних конструкцій компенсаторів. У розвиток цього важливого напрямку значний вклад внесли В. І. Чуриловський, Г. Ю. Стодолкевич, Н. А. Гусєв, І. М. Монченко, А. В. Мещеряков, М. С. Черемісін, Ф. Г. Кочетов. В 60-70-х роках А. І. Захаровим були розроблені і впроваджені в серійне виробництво найбільш сучасні конструкції приладів з компенсаторами при вертикальному крузі типів Т5К, Т15К, 2Т5К. Серійне виробництво точних теодолітів типів Т2, Т5 і їх модифікацій (автоколімаційні та інші) здійснюються в Росії Уральським оптико-механічним заводом в м. Єкатеринбург.

В Україні розробка і виготовлення геодезичних приладів в післявоєнний період велись на двох великих заводах: Київський завод „Арсенал” і Харківський завод маркшейдерських інструментів.

В 1948 р. на „Арсеналі” розроблена більш жорстка, легка і стійка металева підставка для мензули. Нова підставка широко застосовувалась на топографічних роботах замість мензули МШВ виробництва заводу “Геофізика”. З 1958 р. в серійне виробництво запуснені мензульний комплект з кіпрегелем-

автоматом КА-2, розроблений під керівництвом І. М. Монченка, який і до цього часу застосовується при топографічних зйомках крупних масштабів.

В 60-х роках на “Арсеналі” розроблений теодоліт ТБ-1, який по своєму призначенню, конструкції і точності стоїть в одному ряду з точними теодолітами типу Т2. Модифікацією теодоліту ТБ-1 став теодоліт ТБ-3 з автоколімаційним окуляром Монченко з переривистими штрихами, який широко застосовувався в точному машинобудуванні. Автоколімаційні окуляри конструкції Монченко мають і сьогодні впровадження в автоколімаційних теодолітах типу Т2А.

На початку 70-х років завод “Арсенал” освоїв випуск технічних нівелірів. Нівеліри НЛС-1, і НЛ-3 застосовувалися для інженерних вишукувань і проектних робіт, де перевищення визначались як горизонтальним, так і похилим променем візування. Середня квадратична похибка на 1км. ходу не перевищувала відповідно ± 30 мм і ± 50 мм; в діапазоні температур від -40° до $+50^\circ$ с. Для нівелювання при висотному забезпеченні топографічних зйомок, при інженерно-геодезичних вишукуваннях і будівництві випускались технічні нівеліри НТ, НТК, НТСК, Н-10, Н-10КЛ. Останній з компенсатором і горизонтальним лімбом для вимірювання кутів з похибкою відліку $0,1^\circ$ забезпечує середню квадратичну похибку вимірювання перевищення на 1км подвійного ходу 10 мм.

В кінці 70-х років значна номенклатура геодезичних приладів розробки заводу “Арсенал” передається для виготовлення на Ізюмський приладобудівний завод у Харківській області. “Арсенал” продовжує спеціалізуватись на розробці і виготовленні спеціальних геодезичних приладів. На заводі розробляються оптичні квадранти КО-6.0, КО-10, КО-2, гоніометри Г5, Г2 і Г1, а під керівництвом канд. техн. наук О. І. Ванюрихіна створюється лазерний гоніометр з середньою квадратичною похибкою вимірювання кутів $0,1''$.

Особливо значний вклад в створення фотоелектричних автоколіматорів, автоматичних систем горизонтування і гіртеодолітів різних по конструкції і точності вніс доктор технічних наук С. П. Пазняков, з яким автор мав щасливу

можливість плідно співпрацювати впродовж 20 років. Наприклад, десятки типів фотоелектричних автоколіматорів забезпечували автоматичне вимірювання кутів (в діапазоні $\pm 2,5^\circ$) з середньою квадратичною похибкою в межах $1''$, а комплекти гірокомпасів і гіртеодолітів для автономного визначення астрономічних азимутів орієнтирних або заданих напрямків на місцевості мали середню квадратичну похибку від $30''$ (гірокомпас 1Г17) до $3''$ (гіртеодоліт ГТЗ).

В 90-х роках завод удосконалив і успішно освоїв випуск геодезичних приладів нового покоління:

1) високоточного нівеліра Н-0,5К з оптичним мікрометром для визначення перевищень з середньою квадратичною похибкою $0,2\text{мм}$ на 50м , що застосовується при вимірюваннях деформацій споруд, фундаментів, зміщень земної кори в місцях гірничих розробок, при монтажі кораблів, літаків, турбін;

2) точного нівеліра Н-ЗКЛ для визначення перевищень з похибкою 2 мм на 100м при нівелюванні в полігонометрії і інших інженерно-геодезичних роботах;

3) приладу високоточного вертикального проектування (ПВВП) з компенсатором і відносною похибкою передачі координат $1:200000$;

4) лазерних приладів: нівелірів, приладів вертикального проектування та інших на базі власної розробки малогабаритного лазера.

На Харківському заводі маркшейдерських інструментів розроблений ряд теодолітів для роботи в маркшейдерії: малий оптичний теодоліт ТОМ; теодоліт гірничий ТГ-5; оптичний маркшейдерський теодоліт ОМТ-30; теодоліт Т-20 та інші. Там же, під керівництвом А. В. Мещерякова виготовляють конструкції нівелірів НСМ-2, НСМ-2А, НЗК-1 з компенсаторами, що мали широке впровадження в підземних і наземних роботах. Для зйомки підземних камер виготовляються далекомір подвійного зображення з змінним базисом при інструменті (Д1М) і деякі конструкції кутомірів – тахеометрів гірничих.

На початку 90-х років в м. Вінниці створено завод “Аерогеоприлад”, який виготовляє велику номенклатуру комплектуючого приладдя і спеціальних

геодезичних приладів і знаходиться в пошуку нових перспективних розробок.

В історії розвитку методів і засобів геодезичних вимірювань за останні півстоліття відбулися дві революції. Перша з них здійснилась в сорокових – п'ятдесятих роках ХХ сторіччя, і полягала вона в тому, що в геодезію прийшла електроніка. До цього всі геодезичні прилади були виключно оптико-механічними пристроями. Електроніка почала свій триумфальний хід в геодезії з лінійних вимірювань, потім проникла в кутові вимірювання, а згодом і в найконсервативнішу область – нівелювання. Інтенсивна розробка світловіддалемірів, радіовіддалемірів, електронних тахеометрів, радіогеодезичних систем для визначення координат рухомих об'єктів означала настання нової ери в геодезії. Величезну роль зіграла поява в 1960 році лазерів, бурхливий розвиток мікроелектроніки і обчислювальної техніки, що забезпечила створення сучасних комп'ютерних технологій. До вище перелічених електронних засобів геодезичних вимірювань додалися лазерні інтерферометри і балістичні (лазерні) гравіметри.

Друга революція, початок якої відноситься до сімдесятих років, - це створення глобальних супутникових навігаційно-геодезичних систем. Хоча розробка і використання супутникових систем типу “Транзит” (США) і “Цикада” (СРСР) для мети навігації почалася ще в 60-х роках, переворот в геодезії вчинили саме глобальні системи: GPS (США) і ГЛОНАСС (Росія). Ці системи називаються глобальними тому, що вони забезпечують отримання координат в будь-якій точці Землі в будь-який довільний момент часу. В них реалізовані принципово нові методи вимірювань, і ці системи дозволяють здійснити абсолютно нові підходи до виконання геодезичних робіт.

Роль глобальних супутникових систем важко переоцінити. Визначення координат точок на земній поверхні за допомогою цих систем отримало широке застосування в самих різних областях людської діяльності. Координати потрібні не тільки геодезістам – вони потрібні і морякам, і авіаторам, і військовим, і учасникам різних експедицій, і багатьом іншим споживачам.

Раніше, щоб отримати координати, доводилося виконувати трудомісткі

геодезичні роботи на місцевості, вимірюючи геометричні величини – відстані, кути і перевищення між точками на земній поверхні. Для передачі координат треба було будувати мережі різних конфігурацій, закріплені на місцевості спеціальними центрами, що закладаються у верхньому шарі земної поверхні.

Над центрами зводились геодезичні знаки (піраміди, сигнали) – дерев'яні або металеві «наглядні вежі», часто значної висоти (до 30м), для забезпечення взаємної видимості між пунктами. Поява супутникових систем зробила, у принципі, непотрібними всі ці роботи. Маючи супутниковий приймач, ми маємо можливість зразу ж визначити координати місця його установки з точністю порядку десятків метрів, що достатньо для багатьох навігаційних задач, а за наявності двох приймачів отримати «геодезичну точність» визначення їх взаємного положення – до сантиметрів і навіть міліметрів. Це дозволяє створювати опорні мережі, виконувати знімальні і прив'язочні роботи набагато більш ефективно в порівнянні з традиційними методами.

Історично появі глобальних супутникових систем передувала розробка методу радіоінтерферометрії з наддовгою базою (РНДБ) і створення лазерних супутникових віддалемірів для вимірювання відстаней до штучних супутників Землі (ШСЗ). Саме цими засобами побудована глобальна геодезична мережа, яка постійно вдосконалюється, і є опорною для мереж, створених всіма іншими методами [5].

В результаті вказаних революцій і еволюції вимірювальної техніки, що відбувалася між ними, сучасна геодезія є областю, в якій вимірювання виконуються переважно електронними засобами. Геодезія в нас час є головним джерелом вихідних даних для геоінформаційних систем.

Геоінформаційна система містить дані про результати виконаних на тій або іншій ділянці топографо-геодезичних і кадастрових робіт. Вона дозволяє оперативно вносити зміни в банк даних: результати нових вимірювань, відомості про виявлені грубі помилки у виконаних раніше роботах, результати зрівняння, дані про знову створені і втрачені опорні пункти і т.д. В деяких регіонах з використанням супутникових систем удосконалюється геодезична

мережа, створена колись наземними методами. Отримання більш точних координат вимагає внесення виправлень в топографічні і кадастрові матеріали.

Ця процедура легко виконується за наявності геоінформаційної системи на конкретний регіон або об'єкт.

Найефективнішим засобом створення геоінформаційної системи, яка об'єднує результати геодезичних, топографічних і кадастрових робіт, є поєднання супутникових методів і електронної тахеометрії, причому на частку супутникових вимірювань припадає від 50 до 90 % об'єму робіт.

І супутникова апаратура, і електронні тахеометри за останні 10-15 років удосконалювалися надзвичайно швидкими темпами. За ці роки електронний тахеометр пройшов шлях від приладу, що є оптичним теодолітом з світловіддалемірною насадкою і окремим обчислювальним пристроєм, до «роботизованої станції», що має можливість дистанційного керування. Вона оснащена сервоприводами, мікрокомп'ютером з багатофункціональним пакетом програм. Є можливість автоматичного наведення на ціль і її відстежування, передбачена передача інформації по телеметричному каналу зв'язку. Розроблена модульна геодезична система, яка об'єднує супутниковий приймач, електронний тахеометр і потужний польовий комп'ютер [10].

Існує ще один напрям в області геотроніки, що має велике значення для прикладної геодезії. Це створення *просторово-координатних систем* (ПКС) для прецизійного (з помилкою 10-50 мкм) визначення координат контрольних точок складних поверхонь (таких, як крило літака або елементи антени радіотелескопу). Такі системи називають 3D-системами – від англійського 3-Dimension (тривимірні, трьохкоординатні). Існуючі системи використовують або електронні стежачі теодоліти, що виконують пряму кутову засічку, або стежачі лазерні інтерферометри, що здійснюють лінійну засічку. Робота управляється комп'ютером і виконується в просторі об'ємом до декількох кубічних метрів.

Що стосується вимірювань за допомогою глобальних супутникових систем, то ця технологія безперервно і стрімко удосконалюється. До числа

останніх досягнень входять такі, як розробка двохсистемних приймачів GPS/ГЛОНАСС, можливість отримання диференціальних поправок з геостаціонарного супутника зв'язку і радіомаяків, можливість роботи в режимі кінематики в реальному часі, яка не вимагає постобробки, поєднання супутникового приймача з електронним тахеометром. Поява супутникових систем зробила непотрібним застосування радіовіддалемірів, які широко використовувалися раніше, поставивши крапку в їх виробництві, і сильно вплинула на роль світловіддалемірів. Корисно відзначити, що до недавнього часу була загальноприйнятою класифікація світловіддалемірів, відповідно до якої вони ділилися на три групи:

- Світловіддалеміри групи Г (геодезичні), що мають дальність дії до 15-50 км і точність порядку $[(5-10)\text{мм} + (1-2)\text{мм/км}]$, призначені для вимірювання сторін в державних геодезичних мережах і базисів триангуляцій вищих класів.

- Світловіддалеміри групи Т (топографічні), з дальністю дії до декількох кілометрів і точністю $5\text{мм} + 5\text{мм/км}$ (типове значення), призначені для вимірювання відстаней в геодезичних мережах згущування і для топографічних зйомок.

- Світловіддалеміри групи П (вживані в прикладній геодезії), з дальністю дії до 0,3 – 3 км (в окремих випадках і більше), що характеризуються підвищеною і найвищою точністю вимірювань (помилка близько 2 мм і менш). Їх часто називають також прецизійними віддалемірами.

Приведену класифікацію в даний час можна вважати застарілою. З появою глобальних супутникових систем геодезичні світловіддалеміри практично витіснені з сцени, а топографічні світловіддалеміри, як правило, використовуються не як окремі прилади, а у складі електронних тахеометрів.

Фактично зберегли своє значення лише прецизійні віддалеміри з їх високою точністю, які використовуються для вирішення спеціальних задач прикладної геодезії (при монтажі і експлуатації прискорювачів заряджених частинок, антен радіотелескопів і інших унікальних споруд).

Не слід, проте, вважати, що супутникові системи є якоюсь «панацеєю»,

яка може бути використана у всіх випадках. В реальних умовах вимірювань часто зустрічаються ситуації, коли робота супутникових систем утруднена, а іноді і просто неможлива через несприятливі умови спостережень, коли місцеві перешкоди екранують пряме проходження радіосигналів від супутників або створюють численні віддзеркалення радіохвиль від будівель, металевих конструкцій і т.д., порушуючи стійку роботу супутникових приймачів (особливо характерно це при роботі в міських умовах). Неможливо використовувати супутникові системи при маркшейдерських роботах. Все це враховується при плануванні супутникових вимірювань, і у ряді випадків доводиться використовувати і «традиційні методи» світловіддалеметрії та електронної тахеометрії .

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. Коли з'явився перший лазер?
2. Коли почалось проникнення електроніки в геодезію?
3. Що визначається за допомогою супутникових систем?
4. Яка супутникова система не є глобальною?
5. Які координати визначають просторово-координатні системи?
6. Які прилади і пристрої використовуються для створення геоінформаційної системи?

Розділ 2.

ЛАЗЕРИ. ЛАЗЕРНІ ВІЗИРИ. ЛАЗЕРНІ РУЛЕТКИ

Лазер – це джерело оптичного випромінювання з високим ступенем *когерентності*. В самому загальному значенні термін «когерентність» означає «узгодженість». Світло називається **когерентним**, якщо всі атоми речовини випускають світлові хвилі, що мають строго однакову амплітуду, частоту, фазу, поляризацію і напрям розповсюдження. Такого ідеально когерентного джерела не існує, але лазер є якнайкращим до нього наближенням.

Будь-який лазер складається з трьох основних елементів (рис. 2.1): *активного середовища* (твердого, рідкого або газоподібного), джерела накачування і відкритого *резонатора*, утворюваного двома паралельними дзеркалами, між якими поміщається активне середовище. Одне з дзеркал робиться частково прозорим для виходу випромінювання з лазера.

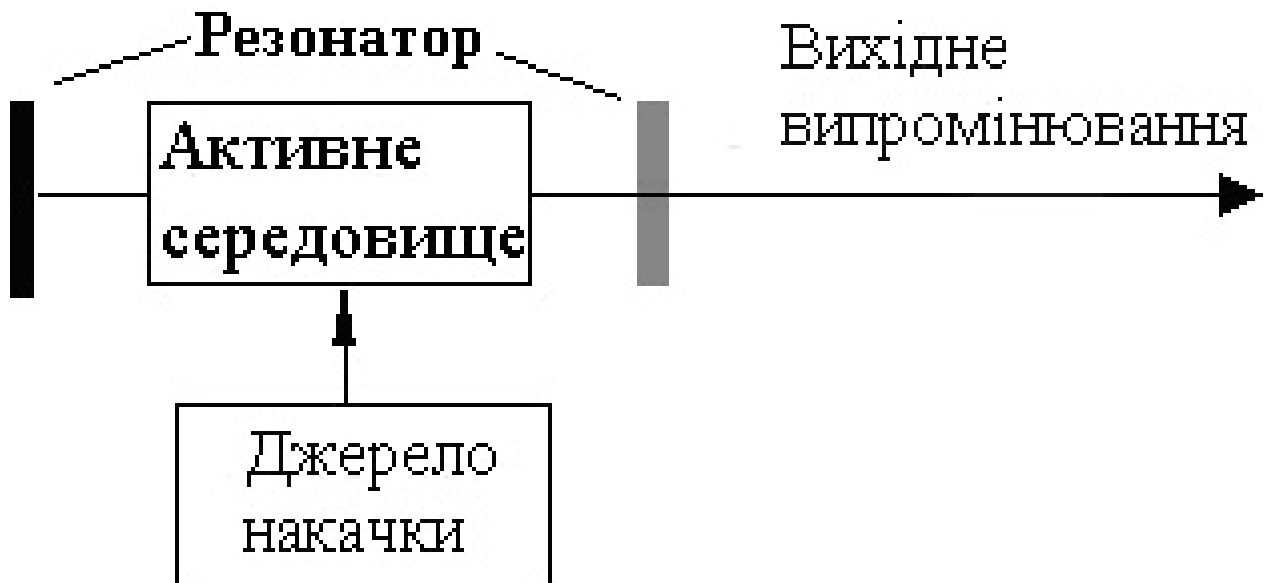


Рис. 2.1 - Принципова схема лазера

Принцип роботи лазера зводиться до наступного. Активне середовище, одержуючи енергію від джерела накачування, переходить в так званий стан з інверсною населеністю енергетичних рівнів – збуджений стан, при якому число атомів речовини, «перекинутих» на більш високий енергетичний рівень, стає більше числа атомів, що залишилися на нижньому (основному) енергетичному

рівні. Цей стан є нестійким: будь-який з атомів, що виявилися на верхньому рівні може мимовільно перейти назад на основний рівень, випускаючи при цьому квант світла (фотон) певної частоти, залежної від різниці енергій рівнів.

Так і відбувається, причому моменти народження різних фотонів, ініційованих переходами тих або інших атомів, випадкові, не згаджені один з одним, фотони при цьому розлітаються в різних напрямках, спрямовуючись «хто куди».

Таке випромінювання називається *спонтанним* (мимовільним), і воно некогерентне. І ось тут вступає в гру оптичний резонатор. Спонтанні фотони, що народились у напрямі осі резонатора, пройдуть уздовж нього порівняно великий шлях, багато разів циркулюючи між відбиваючими дзеркалами. При цьому виникає дуже важлива обставина. Вона полягає в тому, що циркулюючі фотони, взаємодіючи на своєму шляху з атомами, що нагромадилися на верхньому енергетичному рівні, ініціюють їх перехід на нижній рівень з випуском фотонів. Оскільки ці переходи виникають не випадково, а вимушено, під дією циркулюючих уздовж осі резонатора фотонів, то фотони, що народжуються при цих переходах будуть точною копією того фотона, що «вимушує», – вони матимуть ту ж енергію, той же напрям руху і інші абсолютно ідентичні характеристики. Виникає могутня лавина згаданих фотонів. Таке випромінювання називається (на відміну від спонтанного) *вимушеним* (а також *стимулюючим* або *індукованим*) і є, як легко зрозуміти, когерентним. Та обставина, що в лазері має місце стимулююче випромінювання, відображено в самому слові «лазер» - це слово (LASER) є аббревіатурою, складеною з перших букв англійської фрази Light Amplification Stimulated Emission Radiation – «посилення світла за допомогою стимулюючого випромінювання». В цій фразі, правда, мовиться про посилення світла, тоді як лазер – це генератор світла, проте це не має принципового значення, оскільки будь-який підсилювач можна, як відомо, перетворити на генератор введенням ланцюга зворотного зв'язку з виходу на вхід підсилювача. Таким ланцюгом і є дзеркала резонатора (підсилювачем служить збуджене активне середовище).

Після кожного подвійного проходу довжини резонатора частина випромінювання виходить з лазера через напівпрозоре дзеркало.

Лазер може генерувати не будь-які довжини хвиль λ , а тільки такі, які укладаються ціле число раз q на подвійній довжині резонатора $2L$, тобто задовольняють умові резонансу:

$$2L = q\lambda \quad (2.1)$$

Ці резонансні довжини хвиль називаються *поздовжніми модами*, і якщо в смугу посилення активного середовища потрапляє багато таких довжин хвиль, то вони генеруються одночасно, тобто в спектрі випромінювання лазера може міститися багато поздовжніх мод, віддалених один від одного по частоті на

однаковий інтервал $\Delta\nu = \frac{c_p}{2L}$, де c_p – швидкість світла в резонаторі. Такі лазери називаються багатомодовими. Спеціальними методами селекції можна виділити тільки одну моду, і тоді лазер називають одномодовим або одночастотним.

Лазерне випромінювання володіє наступними властивостями, що відрізняють його від випромінювання всіх інших джерел:

- високим ступенем просторової і часової когерентності;
- (як наслідок) високим ступенем монохроматичності, тобто зосереджено в дуже вузькому спектральному інтервалі (ідеально монохроматичного джерела не існує, але лазер є якнайкращим до нього наближенням);
- надзвичайною вузьконаправленістю (малої шириною пучка);
- високою спектральною густиною потужності (густина потужності – це потужність, що доводиться на одиницю площі, наприклад, на 1 см^2 ;

спектральна густина потужності – густина потужності, віднесена до одиничного спектрального інтервалу, наприклад, до 1 мкм).

Залежно від виду активного середовища розрізняють твердо тільні лазери, рідинні (лазери на розчинах органічних фарбників), газові і напівпровідникові.

Твердотільні лазери. До них відносяться лазери на рубіні, на неодимовім

склі і на натрій-алюмінієвому гранаті. Вони працюють в імпульсному режимі, випромінюючи короткі оптичні імпульси великої потужності (лазер на гранаті може працювати і в безперервному режимі). З них в геодезії в даний час використовуються могутні пікосекундні імпульсні лазери на гранаті з довжиною хвилі випромінювання 1,06 мкм - в лазерних віддалемірах для вимірювання відстаней до ШСЗ часовим методом, про що вже згадувалося вище. Останнім часом освоюється застосування лазерів на титан-сапфірі, від яких можна одержувати імпульси фемтосекундного діапазону $1\text{фс} = 10^{-15}\text{с}$ тривалістю в сотні і десятки фемтосекунд.

Газові лазери генерують безперервне випромінювання. Окрім вже згаданого гелій-неонового (He-Ne) лазера, що використовується в наземних світловіддалемірах і випромінюючого червоне світло з довжиною хвилі 0,63 мкм, в *двохвильових світловіддалемірах* можуть використовуватися гелій-кадмієвий (He-Cd) лазер з довжиною хвилі 0,44 мкм (синє світло) і аргонний (Ar) лазер, що може одночасно генерувати випромінювання на двох довжинах хвиль: 0,46 мкм (синє світло) і 0,51 мкм (зелене світло). Газові лазери мають найбільший ступінь монохроматичності випромінювання.

Лазери на фарбниках володіють чудовою властивістю – можливістю перебудови довжини хвилі в широкому діапазоні, але геодезичного застосування вони поки не отримали.

Напівпровідникові лазери складають особливий клас лазерів, зважаючи на їх вельми специфічні властивості, вони широко використовуються в сучасних наземних світловіддалемірах і електронних тахеометрах. Однією з найпривабливіших їх якостей є дуже малі розміри (менше 1см) і маса.

Напівпровідниковий лазер на арсеніді галію, частіше всього вживається у віддалемірній техніці, є лазерним діодом, виконаним у вигляді кристала, складеного з двох «половинок» з різними типами провідності – електронної (*n-провідність*) і дірчастої (*p-провідність*). Між ними утворюється зона, що називається **p-n-переходом**. Якщо на ці «половинки» подати постійну напругу живлення (підключивши позитивний полюс до **p-області**), то в зоні **p-n-**

переходу утворюються фотони і звідти *виходить* випромінювання. Так виходить світлодіод, але його випромінювання некогерентне. Щоб перетворити світлодіод на лазерний діод, треба відполірувати торцеві грані кристала, які служитимуть дзеркалами резонатора, і збільшать густину струму через діод. Тоді випромінювання стає когерентним – ми одержуємо напівпровідниковий лазер.

Окрім малих габаритів, такий лазер володіє ще однією цінною властивістю – можливістю *внутрішньої модуляції* випромінювання. Тобто якщо в віддалемірі джерелом випромінювання служить напівпровідниковий лазер, то модулятора, як окремого пристрою не треба – достатньо подати напруга живлення на лазерний діод, як змінну модулюючу напругу від генератора і випромінювання, що виходить з діода буде модульованим. При цьому можлива модуляція з дуже високою частотою - до 1 ГГц [10].

Ефект Доплера. Цей ефект полягає в тому, що при зближенні або віддаленні випромінювача (передавача) і приймача частота коливань, що приймається, відрізнятиметься від частоти випромінюваних коливань. При цьому байдуже, що саме рухається – випромінювач або приймач; важливо їх відносний рух, тобто зміна відстані між ними. (Це справедливо у разі нехтування релятивістськими, тобто пов'язаними з теорією відносності, ефектами, якими у всіх що цікавлять нас випадках можна нехтувати через малу частку швидкості руху в порівнянні з швидкістю світла). Якщо, скажімо, випромінювач віддаляється від нерухомого приймача, то останній прийматиме в одиницю часу менше хвиль в порівнянні з випадком незмінної відстані між випромінювачем і приймачем. Тобто довжини хвиль збільшуються, а частота відповідно зменшується. У разі наближення випромінювача до приймача картина міняється на зворотну – в одиницю часу сприймається більше хвиль, тобто хвилі стають коротшими і частота збільшується. Якщо передавач, встановлений, наприклад, на супутнику що рухається, випромінює радіохвилі з незмінною частотою f , то сприймана приймачем частота рівна

$$f_{\text{пр}} = f \left[1 \pm \left(\frac{V}{v} \right) \right] \quad (2.2)$$

де V – радіальна швидкість супутника (проекція вектора швидкості на напрям «супутник – приймач»),

v – швидкість електромагнітних хвиль (в середовищі). Знак в дужках залежить від напрямку руху.

Таким чином, частота, що приймається, відрізняється від випромінюваної на величину

$$\Delta f_d = | f_{\text{пр}} - f | = f(V/v) \quad (2.3)$$

звану *доплерівським зсувом (або зсувом) частоти*, або просто доплерівською частотою.

Окрім «супутникового випадку» з випромінюванням радіохвиль, доплерівський зсув має місце і в оптичному діапазоні, зокрема, при віддзеркаленні світла від дзеркала, що рухається, при роботі лазерних інтерферометрів переміщень. В цьому випадку світло від лазера з частотою ν (цією буквою прийнято позначати частоту в оптичному діапазоні), перш ніж потрапити в приймач, проходить подвійну відстань – до дзеркала (відбивача), що рухається, і назад, і формула (2.3) набуває вигляд:

$$\Delta \nu_d = \nu (2V/v) \quad (2.4)$$

де V – швидкість руху відбивача, v – швидкість світла в повітрі. Оскільки $v/\nu = 1/\lambda$, то (2.4) можна переписати у вигляді:

$$\Delta \nu_d = 2V/\lambda. \quad (2.5)$$

Лазерні візирі. Лазерний візир (англ. laser sight, нім. Laservisier n) — світлопроекційний прилад для створення опорної лінії в просторі.

Застосовується для задання напрямку похилим гірничим виробкам у підземних умовах. Забезпечує можливість оперативного контролю прямолінійності виробки, визначення відхилення від заданого напрямку у горизонтальній та вертикальній площинах. Складається з газового (гелій-неонового) лазера з телескопічною колімуючою системою і підставки з

піднімальними і відліковими механізмами. Моделі лазерних візирів мають пристрої стабілізації і зміни напрямку світлового пучка. Прилад встановлюється на стандартну підставку на штативі, має вертикальну і горизонтальну осі обертання випромінювача.

Граничні значення кутів повороту в горизонтальній площині — 180° , у вертикальній — 20° . Опорна лінія (вісь світлового пучка, випромінюваного лазерним приладом), орієнтована в просторі по заданому напрямку.



Рис 2.2 - Лазерний візир ЛВ-5

Розглянемо прилад ЛВ-5 (рис. 2.2), що працює в багатомодовому режимі, і є універсальним приладом. У деяких випадках його називають лазерним теодолітом або лазерним візиром. Прилад може бути встановлений на стандартному штативі, має оптичний візир для попереднього наведення лазерного пучка на ціль. Плавне наводка мікрометричними гвинтами дозволяє його фіксувати в заданому напрямку з високою точністю.

Робота у виробничих умовах показала, що дальність дії і потужність випромінювання при маркшейдерських підземних роботах не відіграють

значної ролі. Легше переставити прилад в міру необхідності в тунелі, ніж забезпечити видимість на значні відстані у стиснутих умовах при веденні прохідницьких робіт, до того ж часто проводяться по криволінійних трасах. Крім того, лазерну пляму можна бачити стійко і чітко на відстанях 120-150 м. Далі зображення лазерного пучка стає безформним і пульсуючим і точність визначення його положення в просторі без застосування спеціальних методів стає скрутним.

Лазерний візир ЛВ-5 створений на основі лазера ОКГ-13. Прилад має підставку аналогічну конструкції геодезичного трегера та вертикальну і горизонтальну осі обертання. Кінематична схема котирувальних механізмів візира дозволяє повертати прилад у вертикальній площині в межах 20° і в горизонтальній в межах 180° .

Мікрометричні гвинти дозволяють наводити промінь лазера на об'єкт в горизонтальній і вертикальній площинах в межах 5° . Вертикальна вісь приладу приводиться в прямовисне положення трьома підйомними гвинтами трегера.

Конструкція приладу забезпечує юстировку телескопічної колімуючої оптичної системи щодо резонатора лазера і точне сполучення горизонтальній осі приладу з напрямком поширення променя ОКГ. Не зважаючи на вік, лазерний візир ЛВ-5 використовується і в цей час для зйомки профілю поверхні злітно-посадкових смуг аеродромів, зйомки підкранових колій і в інших інженерно-геодезичних роботах. Прилад характеризується високою точністю та надійністю. До недоліків можна віднести великі габарити прилада.

Лазерні рулетки. Для того, щоб з великою точністю дізнатися величину відстані було придумане вимірювальне пристосування, яке без зусиль людини справить вимірювання з високою точністю і швидкістю. Таким приладом стали лазерні рулетки, вони ж далекоміри (рис. 2.3). Саме вони стали тим інструментом, який зробить вимірювання відстані до 200 м з максимальною похибкою всього лише в декілька міліметрів. Принцип дії такого приладу це використання лазерного променя. У народі він іменується лазерними рулетками. Лазерні рулетки сьогодні використовуються в різних сферах

людської діяльності: у будівництві, при збірних роботах, застосовується в ремонтних роботах, в лісовому господарстві, у ландшафтному дизайні, у геодезії, у військовій справі, в полюванні та ін.



Рис. 2.3 - Лазерна рулетка (далекомір).

Такі прилади бувають імпульсні і фазові. Принцип роботи імпульсних далекомірів вимірювання часу, за який лазерний промінь дійде до необхідного предмета і відіб'ється назад. Такий розрахунок здійснюється за формулою швидкості світла. Фазовий далекомір порівнює фазу відправленого і відбитого сигналу. Ці прилади показують найбільш точну відстань, і воно досить велике.

Більшості фахівців сподобалися лазерні далекоміри виробництва компанії Leica. Взагалі компанія Leica наприкінці 2015 року представила до увазі модель рулетки Leica DISTO D510, яка практично може працювати як тахеометр.

Сучасні лазерні рулетки володіють функціоналом для обчислення площі прямокутних і трикутних ділянок, об'ємів, розмірів приміщень. В них передбачений режим «відкладеного» виміру, а пам'ять приладу підтримує запис декількох десятків результатів.

Основні переваги рулетки полягають у тому, що вони дуже точні і мають високу надійність. Чим новіша модель цієї лінійки, тим краща точність. В нове покоління приладів впроваджуються сучасні науково-технічні досягнення.

Серед звичайних людей великою популярністю користуються прості моделі. Вони зручні і не вимагають спеціальних знань. Ними можна виміряти відстані, розрахувати площу і об'єм.

Фахівці ж, користуються більш складними моделями з безліччю різних

допоміжних функцій, наприклад: вбудована в приладі камера; датчик нахилу кута на 360*; бездротова передача даних; захист від зовнішніх чинників; пам'ять для 30 вимірювальних даних; елаваційний штатив; поворотний адаптер.

Лазерні рулетки складаються з наступних компонентів:

Корпус лазерної рулетки зазвичай виготовляють з міцного пластику, з гумовими або латексними вставками, адже його так легко впустити. Лінзи мають ефект противозапотівання. Є спеціальні чохла, що охороняють інструмент від пилу, бруду. Добрий далекомір не боїться ні підвищеної вологості, ні великого коливання температури, однак чим вище показники опірності природному середовищу, тим вище ціна.

Випромінювач - це отвір з оптикою, через яку випускається світловий промінь.

Відбивач - оптичний фільтр, який приймає повернувся промінь світла, який відбився від об'єкта.

Мікропроцесор - мініатюрний комп'ютер в тілі рулетки, він перетворює світловий сигнал в електронний і цифровий, щоб програма могла його обробити й вивести на дисплей.

Програмне забезпечення кожної лазерної рулетки залежить від її призначення. Звичайний побутовий прилад може вимірювати відстані відрізків, складати і віднімати ці відстані, вважати площі, об'єми приміщень, обчислювати висоту будівлі через функцію «Піфагора» (якщо на шляху вимірювання є непереборне перешкоду, користуються правилом вимірювання прямокутних трикутників, записавши в пам'яті приладу висоту і відстань, забезпечивши при вимірах прямий кут).

Штатив потрібен для надійної фіксації рулетки, оскільки рука часто мимоволі трясеться, чим порушується точність вимірювань.

Візор, або оптичний приціл, - це пристосування для направлення лазерного променя. У звичайних рулетках відсутня. Його наявність свідчить про те, що інструмент призначений для фахівця. Приціл зменшує відстань в 7-10 разів і забезпечити відмінну видимість для початку вимірювання.

Ватерпас - це вбудований в далекомір рівень, що дозволяє бачити, наскільки точно розташований прилад, без додаткових пристосувань.

Фірмою Leica випускаються лазерні віддалеміри наступних модифікацій Leica DISTO™ A2; A3; A5; A6; D2; D3a; D5; та інші. Технічні характеристики віддалемірів приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Віддалеміри лазерні Leica DISTO™

Марка	Діапазон вимірювань ,(м)	Точність, мм	Розміри, мм	Вага з елементами, г
A2	0,05-60	1,5	124x45x31	155
A3	0,05-100	1,5	142x73x45	315
A5	0,05-200	2,0	148x64x36	241
A6	0,02-200	1,5	148x64x36	270
D2	0,05-60	2	111 x 43 x 23	100

ЛАЗЕРНИЙ ВІДДАЛЕМІР LEICA DISTO A5.



Рис. 2.4. Загальний вигляд і будова лазерного віддалеміра Leica DISTO A5



Рис. 2.5. Положення позиційної скоби

Технічні характеристики Leica DISTO A5

Характеристики	Показники
Точність, мм	± 1,5
Діапазон вимірювань без відбивача, м	70
Діапазон вимірювань з відбивачем, м	0,05 - 200
Час одиночного вимірювання, с	0,5 - 4
Елементи пам'яті, шт	20
Збільшення оптичного візира, х крат	2
Діаметр лазерної плями, мм/м	6/10, 30/50, 60/100
Одиниці вимірювань	метри, фути, дюйми
Відключення живлення (лазера) при відсутності активності, сек	360 (180)
Максимальна кількість вимірювань на комплект батарей	10 000
Батареї / напруга, Шт. x Тип/Вольт	2 x AA/1,5
Захист від дощу / пилу за європейським стандартом	IP54
Діапазон роб. температур, °С	-10 до +50
Довжина хвилі, нм	635
Вага лазерного далекоміра з батареями, гр	241
Розміри лазерного далекоміра Д x Ш x В, мм	148 x 64 x 36
Вага в упаковці виробника, кг	0,680
Розмір упаковки виробника, см	18,5 x 13,5 x 7,7
Об'єм коробки виробника, м.куб.	0,0019

Використання позиційної скоби приладу. Прилад дає можливість виконувати виміри декількома способами враховуючи умови і поверхні, від яких приводяться виміри за рахунок вмонтованої позиційної скоби.

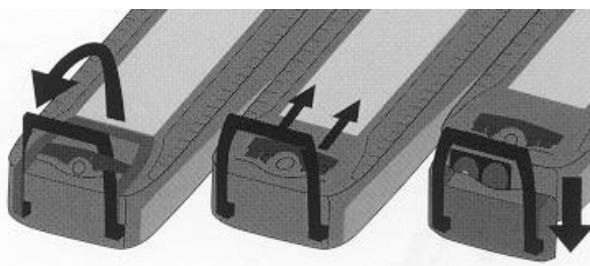


Рис.2.6. Позиційна скоба

Позиційна скоба знаходиться в тильній частині приладу і відкидається, займає три положення, які автоматично враховуються в процесі вимірювань. Вмонтований в прилад датчик автоматично враховує положення скоби в результаті виміру ліній.

Установлення / Заміна батарей живлення. Зазвичай в віддалемірах використовують 2 батарей типу AA (алкалінові елементи живлення). Щоб встановити елементи живлення треба відкрити позиційну скобу на нижній кришці приладу і замістивши запірну частину назад, зсувають кришку до низу. Відкривши батарейний відсік, зсунувши в сторону запираючий механізм (червоного кольору), вставляють елементи живлення перевіривши полярність.

Циліндричний рівень. Інтегрований в прилад бульбашковий циліндричний рівень дозволяє орієнтувати прилад горизонтально для вимірювання горизонтальних ліній (приведених до горизонту).

Вбудований оптичний візир. Прилад оснащений оптичним візором, який розміщений на правій його стороні. Оптичний візор використовують для наведення приладу на ціль особливо для віддалених об'єктів. Завдячуючи 2^x збільшенню візор допомагає більш чітко розглянути ціль наведення. Для віддалей більше 30 м лазерна пляма знаходиться в перехресті візира. На віддаль до 25 м пляма дещо зміщена від перехрестя, що є цілком нормально.

Клавіатура приладу

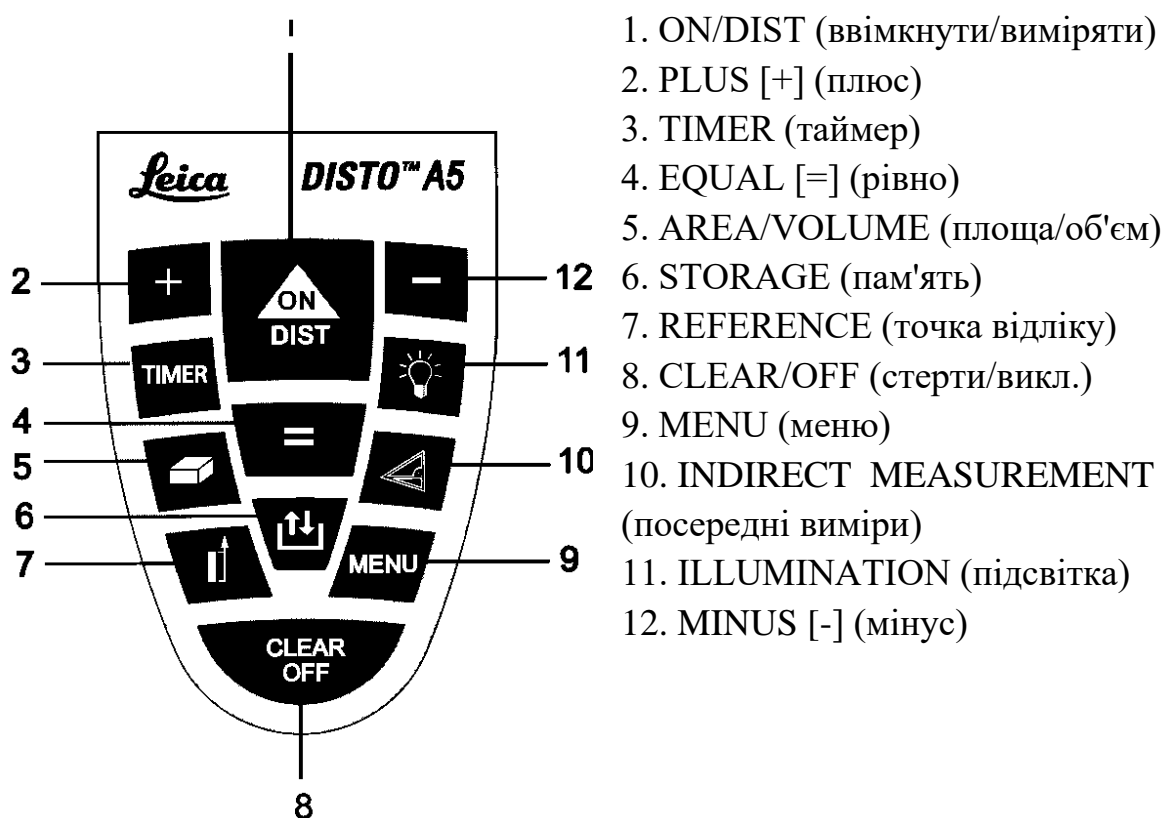


Рис. 2.7. Розташування клавiш Leica DISTO™ A5

Дисплей

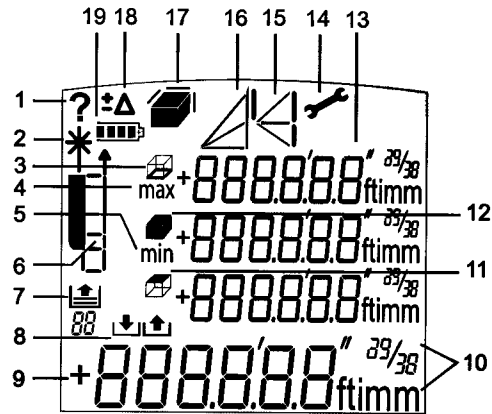


Рис. 2.8. Дисплей Leica DISTO™ A5

- | | |
|---|---|
| 1. Інформація про помилку. | 11. Площа стелі. |
| 2. Лазерний випромінювач ввімкнений. | 12. Площа стіни. |
| 3. Периметр. | 13. Три додаткові покази (проміжні результати). |
| 4. Максимальне значення безперервного вимірювання. | 14. Помилка приладу. |
| 5. Мінімальне значення безперервного вимірювання віддалі. | 15. Посередні виміри (функція Піфагора). |
| 6. Точка початку відліку вимірюваної віддалі (REFERENCE STAND). | 16. Посередні виміри (функція Піфагора). |
| 7. Виклик пам'яті. | 17. Площа, об'єм. |
| 8. Збереження констант. | 18. Задана постійна величина (OFFSET). |
| 9. Головний рядок. | 19. Стан елементів живлення. |
| 10. Одиниці вимірювань з степеню. | |

ФУНКЦІЇ МЕНЮ

MENU приладу має наступні опції:

- "UNIT" – вибір одиниць вимірів;
- "OFFSET" – виміри з врахуванням заданої постійної величини;
- "TRIPOD" – виміри з використанням штативу;
- "RESET" – повернення до заводських налаштувань.

Натиснути клавішу "MENU" (9, рис. 2.7) декілька разів і вибирають відповідну опцію, яку хочуть встановити або переглянути. Коли на дисплеї

мигає відповідна опція, для її підтвердження натискають клавішу [=] (4, рис. 2.7). Далі вибір виконують клавішами [+] (2) або [-] (12), а підтверджують вибір натисканням [=] (4). Вихід із "MENU" виконують натисканням клавіші "MENU". Для виходу з "MENU" без збереження змін натискають клавішу CLEAR (8, рис. 2.7).

Таблиця 2.3

Можливий вибір одиниць вимірювань в підменю "UNIT"

Віддаль	Площа	Об'єм
0,000 м	0,000 м ²	0,000 м ³
0,00 м	0,00 м ²	0,00 м ³
0 мм	0,000 м ²	0,000 м ³
0,00 ft	0,00 ft ²	0,00 ft ³
0,00 1/32 ft in	0,00 ft ²	0,00 ft ³
00 1/32	0,00 ft ²	0,00 ft ³
0,0 in	0,00 ft ²	0,00 ft ³
0 1/32 in	0,00 ft ²	0,00 ft ³

Задавши функцію OFFSET і ввівши визначене значення постійної величини, яка буде автоматично додаватись до всіх вимірів (або відніматись від них), змінюють точку початку виміру лінії. Таку функцію можна використовувати, встановивши лазерний віддалемір на інший прилад, який має інакшу точку початку відрахування віддалі (теодоліт і т.д.).

Вибирають в MENU функцію "OFFSET" (буде мигати на дисплеї) і підтверджують свій вибір натисканням [=] (4). Встановлення постійної величини виконують за допомогою клавіш [+] (2) і [-] (12). Правильність встановлення підтверджують [=] (4). На протязі всього процесу вимірів, дії функції OFFSET відповідний символ буде світитися на дисплеї (18, рис. 2.7).

Вимірювання з використанням штатива. Для високоточних спостережень і вимкнення переміщення приладу під час вимірювань та вимірювань довгих віддалей використовують спеціальні або звичайні фотоштативи з гвинтовою різьбою 1/4. На задній частині приладу знаходиться різьбовий отвір для гвинта фотоштатива. Для правильного використання цієї опції, необхідно задати відповідну точку відліку приладу. Вибравши функцію

меню TRIPOD (на дисплеї буде мигати напис "tri Pod") підтвердіть вибір натиснувши клавішу [=], (4, рис. 2.7).

Повернення до заводських налаштувань приладу (RESET). Вибравши в меню функцію RESET (на дисплеї буде мигати напис RESET) і натиснувши клавішу [=], (4, рис. 2.7) прилад повернеться до заводських налаштувань.

Обережно: Після виконання RESET всі налаштування, які були зроблені користувачем індивідуально будуть видалені з пам'яті.

РОБОТА З ПРИЛАДОМ

Ввімкнення/вимкнення. Ввімкнення приладу виконується натисканням клавіші ON (1, рис. 2.7). Символ батареї буде відображатися на дисплеї до наступного натискання будь-якої клавіші. Для вимкнення приладу натискають і утримують до зникнення символів на дисплеї клавішу OFF (CLEAR) (8, рис. 2.7). З ціллю збереження терміну використання елементів живлення в приладі передбачена функція автоматичного вимкнення, якщо з приладом не виконується ніяких дій. Вимкнення лазерного променя проходить через 3 хв, а прилад через 6 хв. (якщо жодна з клавіш не була натиснута).

Клавіша CLEAR (випирання). Натиснувши клавішу CLEAR (8, рис. 2.7) випирано (відмінюють) результати останнього вимірювання. В процесах вимірювання площ та об'єктів і т.д., кожне з проміжних даних може бути відмінено і виміряне заново.

Підсвічування екрану. Натиснувши клавішу ILLUMINATION (11, рис. 2.7) вмикається (вимикається) підсвітка дисплея для зручності роботи в темних приміщеннях та часу спостережень.

Зміна точки відліку вимірювання. Стандартно прилад виконує вимірювання від заданої (протилежної від об'єктива) грані, де розташовано скоба. Якщо позиційна скоба відкрита, то прилад розпізнає її положення і буде його враховувати при вимірюваннях.

Натиснувши REFERENCE – клавішу (7, рис. 2.7) положення початку відліку може бути змінено таким чином, що наступні виміри можна буде

проводити від передньої грані (від об'єктива) приладу. Після цього прилад автоматично повернеться до вимірів від задньої грані.

Постійний відлік приладу від його передньої грані можна встановити натиснувши на декілька секунд REFERENCE – клавiшу (7, рис. 2.7). Натиснувши REFERENCE – клавiшу ще раз на декілька секунд – переводять прилад до виміру від задньої грані. Для введення нестандартної точки початку відліку приладу див. “Виміри з використанням штативу”.

БЕЗПОСЕРЕДНІ ВИМІРЮВАННЯ ВІДДАЛЕЙ

Просте вимірювання віддалей. Натиснувши клавiшу DIST (1, рис. 2.7) ввімкніть лазер і направте на ціль, віддаль до якої бажаєте виміряти і ще раз натисніть клавiшу DIST (1, рис. 2.7). Виміряна віддаль в вибраних одиницях вимірювання практично одразу ж з'явиться на дисплеї.

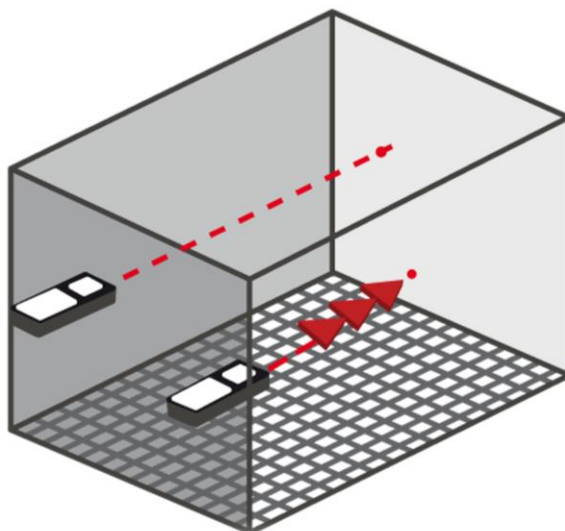


Рис. 2.9. Вимірювання довжини і безперервнi вимірювання

Вимірювання мінімальних, максимальних віддалей. Ця вмонтована функція дозволяє користувачу вимірювати максимальні і мінімальні віддалі від фіксованої точки. Такі вимірювання застосовують для визначення діагоналей, як максимальних значень і перпендикулярів до поверхонь, як мінімальних значень.

Ввімкнення безперервних вимірювань виконується шляхом довготривалого натискання клавiші DIST (1, рис. 2.7), поки прилад подасть звуковий сигнал, який сигналізує, що режим включено. Коли безперервний

режим вимірювань включено, помало переміщують лазерний промінь відповідно вправо-вліво або вверх і вниз в області цілі (див. рис. 2.10, 2.11).

Для ввімкнення режиму безперервних вимірювань натисніть ще раз на клавішу DIST (1, рис. 2.7). Значення максимальної і мінімальної віддалі будуть відображені на дисплеї. Результат останнього вимірювання також буде приведений в головній стрічці дисплея.

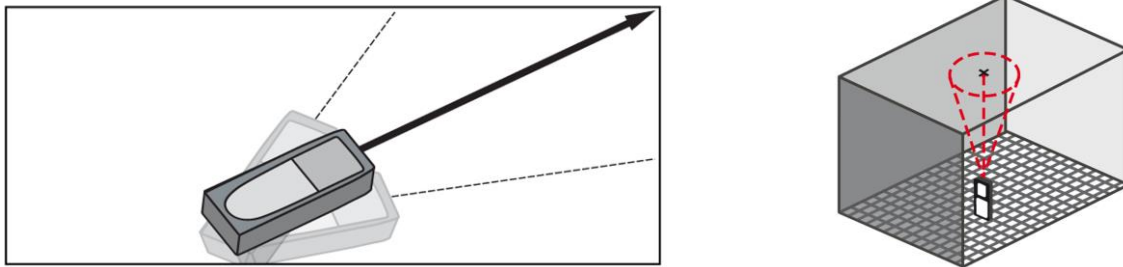


Рис. 2.10. Вимірювання мінімальних віддалей

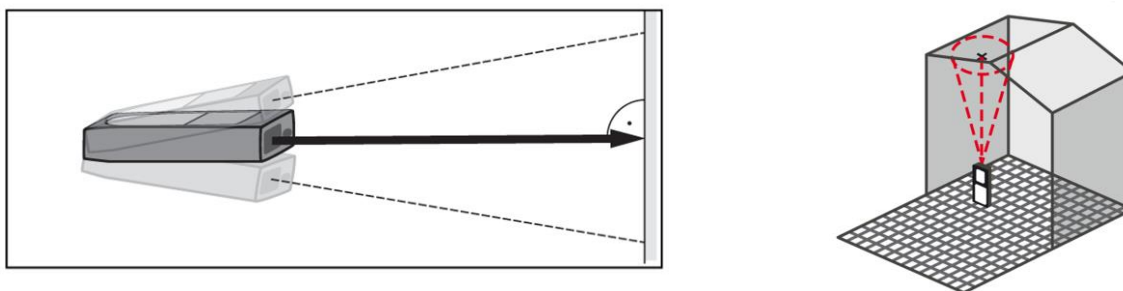


Рис. 2.11. Вимірювання максимальних віддалей

ФУНКЦІЇ

Додавання і віднімання результатів. Для вимірювання периметрів і інших інженерних задач випадає потреба додавання і віднімання результатів. Для цього проведеним частковим виміром присвоюється додатне [+] або від'ємне [-] значення шляхом натискання клавіш 2 або 12 (рис. 2.7) до початку вимірювання даного відрізка. В загальному потрібний результат отримують виконуючи наступні дії:

DIST(виміри), [+/-] DIST(виміри), [+/-] DIST(виміри), [=] (результат)

Натиснувши на клавішу [=], (4, рис. 2.7) означатиме кінець послідовних вимірювань і результат з'явиться на головній стрічці дисплея. Проміжне значення також буде відображене. Останню операцію можна відмінити натиснувши клавішу CLEAR (8, рис. 2.7).

Аналогічні дії можна провести при послідовному виміру площ та об'ємів. Вимірювання периметру можна проводити за допомогою вмонтованої функції, для цього натиснувши на декілька секунд клавішу AREA/VOLUME (5, рис.2.7) встановлюють її, на дисплеї засвітиться значок периметра (3,рис.3). Вимкнення цієї функції проводиться повторним натисканням на декілька секунд клавіші AREA/VOLUME (5, рис. 2.7).

Вимірювання площ. Вимірювання площ починається з натискання клавіші AREA/VOLUME (5, рис. 2.7) один раз. Відповідний символ площі буде відображений на дисплеї. Визначення площі виконується методом прямокутників, тому складні площі необхідно розбити на окремі прямокутники. Для визначення площі прямокутника потрібно виміряти дві його сторони. Після того як два виміри будуть виконані, результат автоматично з'явиться на дисплеї в головній його стрічці. Для вимірювання другої площі натискають ще раз AREA/VOLUME (5, рис. 2.7) і т.д.

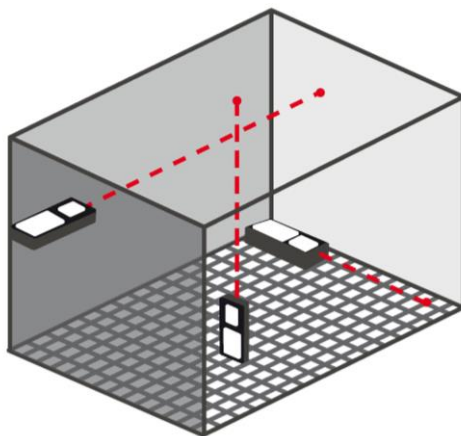


Рис.2.12 . Вимірювання площ та об'ємів

Вимірювання сторін при обчисленні площі можуть бути виконанні по частинам. Для цього режим вимірювання площі AREA/VOLUME (5, рис. 2.7). Далі натискаючи клавішу PLUS [+] (2, рис. 2.7) або MINUS [-] (12, рис. 2.7) перед початком вимірювань частини сторони та натискають клавішу DIST (1, рис. 2.7). Відповідно на дисплеї з'явиться символ додавання або віднімання вимірюваної частини сторони. Наступна частина вимірюється аналогічно першій, спочатку вводиться засік, а потім вимір і т.д. необмежена кількість раз. Для того, щоб закінчити вимірювання першої сторони натискають клавішу EQUAL

[=] (4, рис. 2.7). Друга сторона може бути виміряна так само по частинам використовуючи вище наведену методику вимірювань.

Результат обчислення площі з'явиться на дисплеї автоматично, як зазвичай в головній стрічці дисплею.

Вимірювання об'ємів. Натиснувши клавішу AREA/VOLUME (5, рис. 2.7) двічі включиться режим вимірювання об'єму і на дисплеї засвітиться відповідний символ.

Для визначення об'єму прямокутного паралелепіпеда необхідно виконати вимірювання трьох його сторін.

Після того, як всі три вимірювання будуть виконані, обчислення об'єму проводиться автоматично і результат у вибраних одиницях з'явиться на екрані.

Після вимірів натиснувши клавішу AREA/VOLUME (5, рис. 2.7) на декілька секунд отримують додаткову інформацію про приміщення, яке вимірюють, а саме: периметр приміщення, площу стін і площу підлоги або стелі.

Наприклад: 4,982 м - довжина

2,113 м - ширина

2,713 м - висота

$$V = 28,560 \text{ м}^3 - \text{об'єм}$$

Периметр 14,190 м = (4,982 + 2,113) x 2

Площа стін $38,494 \text{ м}^2 = (4,982 \times 2,713 \times 2) + (2,113 \times 2,713 \times 2)$

Площа підлоги $10,527 \text{ м}^2 = 4,982 \times 2,113$

Щоби повернутись до попередніх вимірів натискають ще раз на декілька секунд клавішу AREA/VOLUME (5, рис. 2.7). Для вимірювання наступного об'єму знову необхідно натиснути AREA/VOLUME (5, рис. 2.7), включивши тим самим режим вимірювання об'єму.

Якщо необхідно визначити об'єм по сторонам, які вимірюються частинами, то використовують аналогічну методику як і для визначення площ.

Посередні вимірювання (визначення) віддалей. В приладі запрограмовано алгоритм теореми Піфагора, що дозволяє обчислювати віддалі

з результатів вимірів сторін трикутника. Влаштована функція є особливо корисна, коли виникає необхідність вимірювань віддалі в важкодоступних або потенційно небезпечних місцях.

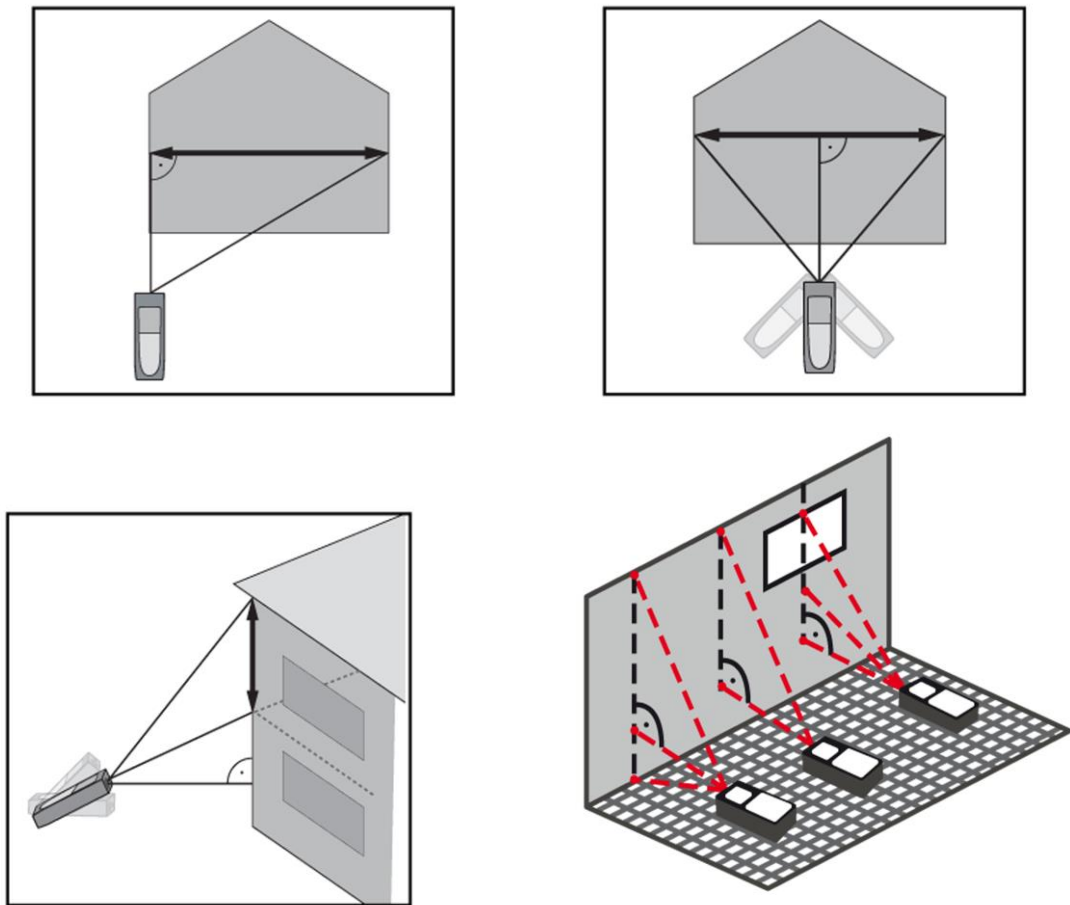


Рис. 2.13 . Посередні вимірювання (визначення) віддалей

Метод посередніх вимірювань використовують для наближеної оцінки віддалей так як точність його нижча від безпосередніх вимірів. При використанні цього методу необхідно дотримуватись певних правил:

1. Всі цілі для виконання вимірів повинні бути розташовані в одній вертикальній або горизонтальній площині.
2. Виміри проводити в певній визначеній приладом послідовності.
3. Найкращий результат досягається, якщо в процесі вимірювань прилад повертається навкруги фіксованої точки (наприклад позиційної скоби, яка повністю розкрита і прилад утримується біля стіни або додаткової площини).

4. Бажано при вимірюваннях використовувати функцію багаторазових вимірів для визначення мінімальних і максимальних значень. Мінімальне значення використовують для визначення довжин перпендикулярів і відповідно максимальне значення для інших вимірів. Використання цієї функції значно підвищує точність вимірів.

Натиснувши клавішу INDIRECT MEASUREMENT (10, рис. 2.7) на дисплеї з'явиться відповідний символ включеної функції визначення віддалі за двома точками (натиснувши двічі або тричі – за трьома точками) вимірюванням відповідних сторін з однієї точки. Послідовність виміру сторін задається приладом і відповідним чином підказується на піктограмі. Виконують відповідні виміри з наведенням на ціль і натисканнями клавіші DIST (1, рис. 2.7). Результати проміжних вимірів і обчислення з'являться на екрані.

Дуже важливо правильно виконати другий вимір, строго витримуючи прямий кут між променем лазера і відрізком який визначається. Знову ж рекомендується використовувати функцію багаторазових вимірів шляхом довготривалого натискання на клавішу DIST (1, рис. 2.7).

ЗБЕРЕЖЕННЯ КОНСТАНТИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПАМ'ЯТІ

Збереження константи. Часто виникає необхідність зберегти і використовувати значення величини, наприклад висоту приміщення. Для цього вимірюють віддаль, яку хочуть зберегти (запам'ятати), а потім довготривало натиснувши клавішу STORAGE (6, рис. 2.7) утримують доти, доки прилад не підтвердить звуковим сигналом і відповідною піктограмою збереження значення в пам'яті.

Виклик збереженого значення константи з пам'яті. Одноразово короткотривало натиснувши клавішу STORAGE (6, рис. 2.7) константа з'явиться на екрані дисплея її можна використовувати для подальших обчислень натиснувши клавішу EQUAL (4, рис. 2.7). Значення константи не зміниться при виключенні приладу, його можна змінити тільки введенням нового значення.

Зміна значення виміру. Змінити значення можна за допомогою клавіші EQUAL (4, рис. 2.7), яку натискають і утримують доти доки цифри почнуть мигати на екрані дисплея, а потім за допомогою клавіш PLUS (2, рис. 2.7) або MINUS (12, рис. 2.7) збільшують або зменшують виміряну величину до бажаного результату. Натиснувши клавішу EQUAL (4, рис. 2.7) ще раз підтверджують необхідний результат. Нове значення може бути збережене, як звичайна константа.

Внутрішня пам'ять приладу. Натиснувши двічі короткочасно на клавішу STORAGE (6, рис. 2.7) можна переглянути 20 значень (вимірів і результатів обчислень) в зворотному порядку. Використовуючи клавіші PLUS (2, рис. 2.7) або MINUS (12, рис. 2.7) можна поступово пролистувати результати вимірів занесених в пам'ять. Вибрати необхідний результат для подальших обчислень можна за допомогою клавіші EQUAL (4, рис. 2.7), тоді результат залишиться на екрані. В пам'яті приладу зберігаються 20 результатів вимірів навіть після його вимкнення.

Таймер. Натиснувши і утримуючи клавішу TIMER (3, рис. 2.7) встановлюють за необхідністю час затримки початку вимірів (від 5 до 60 сек). Відлік останніх 5 сек перед початком вимірів супроводжується звуковими сигналами. Після того, як пролунає останній сигнал, прилад автоматично виконає вимірювання віддалі.

Вимкнення звукового сигналу. Звуковий сигнал, який подає прилад, при виконанні вимірювань можна за необхідності вимкнути. Для цього одночасно натискають клавішу MENU (9, рис. 2.7) і MINUS (12, рис. 2.7) на 4 сек. Ввимкнення аналогічне.

ІНФОРМАЦІЙНІ ПОВІДОМЛЕННЯ ПРИЛАДУ

Результати вимірювань можуть бути замінені інформаційними повідомленнями. Всі коди, які виводяться на дисплей приладу, супроводжуються символами "InFo" (інформація) або "Error" (помилка).

Коди помилок приладу

InFo	Причина	Спосіб виправлення
204	Помилка обчислення	Повторити вимірювання
206	Помилка положення позиційної скоби	Провірте правильність встановлення нижньої задньої кришки приладу і позиційної скоби. Якщо помилка повторюється замініть деталі.
252	Перегрів приладу	Охолодіть (закрийте від сонячного проміння)
253	Переохолодження приладу	Зігрійте прилад
255	Слабий відбитий сигнал, час вимірювань або віддаль сильно великі > 200 м	Використовуйте візирну пластину
256	Відбитий сигнал дуже сильний	Використовуйте візирну пластину (сіру сторону)
257	Неправильне вимірювання, дуже велика фонові засвітка	Використовуйте візирну пластину (коричневу сторону)
260	Перешкода лазерному променю	Повторіть вимірювання
	Помилка приладу	Декілька разів підряд включіть і виключіть прилад. Якщо інформація не зникла зверніться в сервісний центр.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. В чому полягає роль резонатора в лазері?
2. Для чого використовують оптичний візир?

3. Для чого застосовують вимірювання мінімальних та максимальних значень довжин?
4. Для чого служить позиційна скоба?
5. З чого складається лазер?
6. З яких компонентів складається лазерні рулетки?
7. Перелічіть коди помилок приладу, вкажіть причину та спосіб виправлення?
8. Що таке лазер?
9. Що таке лазерна рулетка?
10. Що таке лазерний візир?
11. Який порядок роботи при вимірюванні площі та об'єму фігури?
12. Яким чином можна зберегти і використати значення величини?
13. Яких правил необхідно дотримуватись при посередніх вимірюваннях?
14. Які ви знаєте функції меню Leica DISTO A5?
15. Які основні складові частини лазерного віддалеміра?
16. Які основні технічні характеристики лазерного віддалеміра Leica DISTO A5?

Розділ 3

ЦИФРОВІ ТА ЛАЗЕРНІ НІВЕЛІРИ

3.1 Особливості конструкції цифрових нівелірів та рейок.

Нівелір (від фр. Niveau - рівень, нівелір) - геодезичний інструмент для нівелювання, тобто визначення різниці висот (перевищення) між точками на земній поверхні та у відкритих і підземних гірничих виробках.

Нівеліри поділяють:

За **способом вимірювання**:

- прилади з горизонтальним променем візування (які у свою чергу поділяють на дві групи):
 - 1) з циліндричним рівнем, до яких належать глухі, з перекладною трубою, лазерні (візирна вісь замінена або дублюється лазерним променем);
 - 2) з компенсатором;
- мікронівеліри;
- нівеліри гідромеханічні.

За **способом зчитування відліків**:

- звичайні (відлік по рейці, відлічує людина);
- цифрові (відлік автоматизовано).

За **точністю**:

- високоточні (для нівелювання I і II кл. та високоточних інженерних задач);
- точні (для нівелювання III і IV кл.);
- технічні (для пошукових та будівельних робіт).

В останні роки набули поширення цифрові нівеліри. Принцип визначення перевищень цифровим нівеліром аналогічний до класичних оптичних нівелірах. Загальний принцип роботи цифрових нівелірів є подібним від різних фірм-виробників. Відмінності нівелірних систем в основному полягає в системах

кодування і, відповідно в пристрої блоку розпізнавання кодів [40, 43].

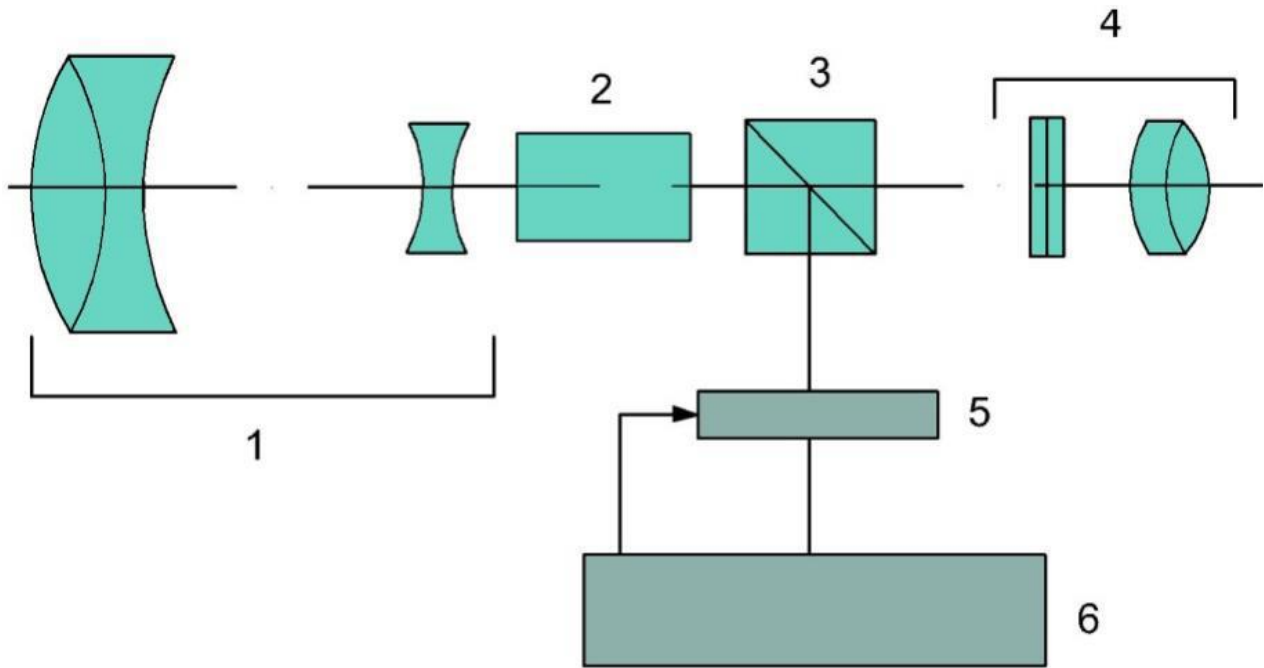


Рис. 3.1 Загальна схема цифрових нівелірів (1 – телеоб’єктив; 2 – оптичний елемент компенсатора; 3 – куб призма (світлорозділювач); 4 – сітка ниток з окуляром; 5 – ПЗЗ-матриця; 6 – мікропроцесор).

На рис. 3.1 представлена загальна схема, застосовна до всіх існуючих на даний момент цифрових нівелірів. Зорова труба 1, забезпечена компенсатором нахилу 2, формує зображення кодової рейки, яке через світлорозділювач 3 проектується на багатоелементний приймач (БЕП) 5. Електронний блок 6 проводить обробку даних, отриманих приймачем, визначає шуканий відлік по рейці, довжину плеча і перевищення на станції. Для візуального наведення на рейку інструменти забезпечені окуляром 4. На зворотному боці штрих-кової рейки, як правило, наноситься звичайна Е-подібна розмітка, що, в разі необхідності, дозволяє виконавцю використовувати електронний нівелір як оптичний.

У цифрових нівелірів Leica зображення коду рейки проектується на матричний фотодетектор через світлорозділювач. Світлорозділювач 3 просвітлений таким чином, що інфрачервона область зображення фрагмента рейки відводиться на фотодетектор 5, в той же час світло видимого діапазону проектується на сітку ниток. Таким чином, з одного боку потужність світла не

шкодить візуальним спостереженням, з іншого боку використовується необхідна інтенсивність для лінійного фотоприймача, максимальна чутливість якого знаходиться в інфрачервоній області спектра. Лінійчатий фотоприймач довжиною близько 6,5 мм складається з 256 світлочутливих фотодіодів, які розташовані з інтервалом 25 мкм. Кут поля зору нівеліра становить 2°. При мінімальній віддалі до рейки 1,8 м на детектор проектується фрагмент рейки 70 мм, а при максимальній віддалі до рейки 100 м, фрагмент розміром 3,5 м. Положення фокусувальної лінзи визначається “датчиком фокуса” [40].

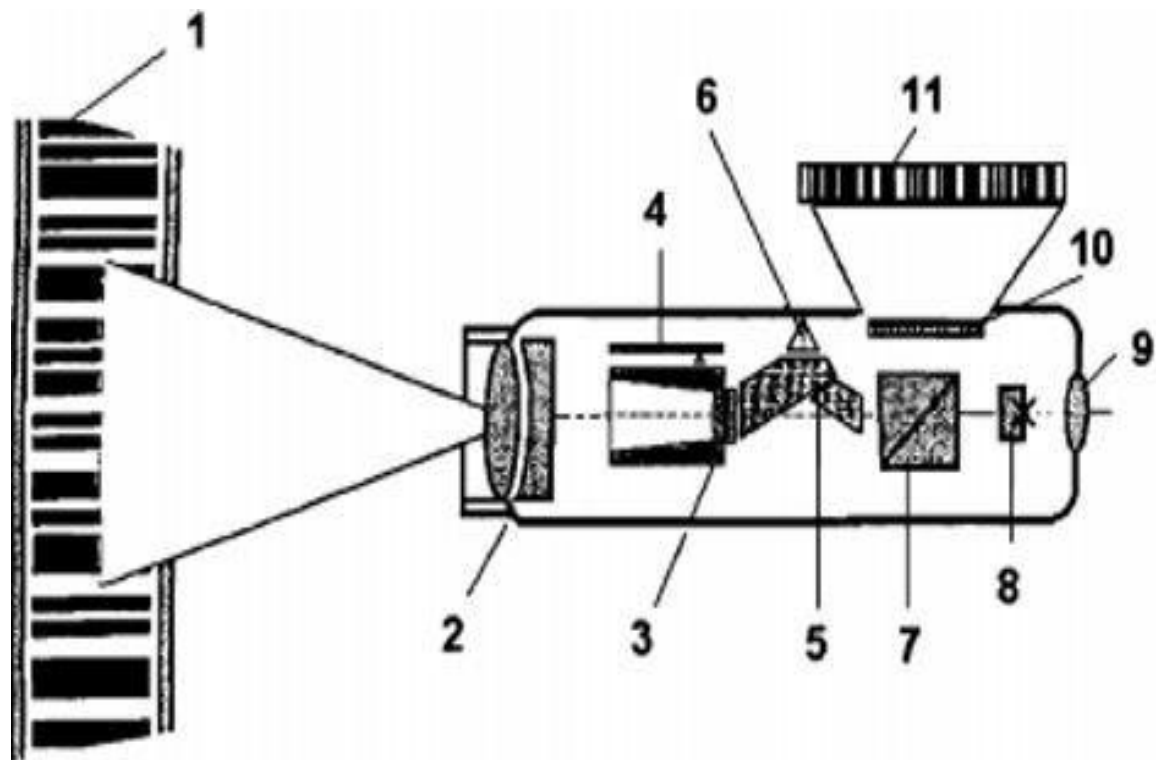


Рис. 3.2. Принцип зчитування відліку цифрового нівеліра (1 – штрихкодова нівелірна рейка; 2 – об'єктив; 3 – фокусувальний компонент; 4 – датчик положення фокусувального компонента; 5 – блок компенсатора; 6 – блок контролю положення компенсатора; 7 – світлорозділювач; 8 – сітка ниток; 9 – окуляр; 10 – ПЗЗ–матриця; 11 – зображення коду нівелірної рейки.)

Основою обчислювальної системи є однокристальний мікропроцесор, який при кореляційних розрахунках підтримується вентиляційною матрицею. Спочатку лінійчатий приймач перетворює прийняте зображення коду в аналоговий відеосигнал. Електроніка вибірки підсилює і оцифровує відеосигнал. 256 елементів зображення (пікселів) представляються сигналом в

діапазоні 8 біт, відповідним 256 градаціях сірого. Фокусувальна лінза в діапазоні вимірювань (від 1,8 до 100 метрів) переміщається на 14 мм. Відповідно до положення фокусної лінзи може бути отримана величина віддалі до рейки.

Вимірювання проводиться в декілька етапів. Спочатку необхідно провести візування на рейку і сфокусуватися. Після чого, натисненням на кнопку початку вимірювань, запускається процес зчитування положення фокусувальної лінзи і контроль компенсатора. У міру виконання вимірів, зображення ділянки коду рейки надходить в ПЗЗ-матрицю, де воно сприймається і оцифровується.

Спочатку проводиться груба «оптимізація», яка служить для приблизного визначення відліку по рейці і масштабу отриманого зображення. При первинному - «швидкому» розрахунку кореляції однорозрядного сигналу, значення віддалі до рейки, отримане з положення фокусувальної лінзи, використовується як початкове значення. Цей етап триває близько 1 секунди. Після чого починається точна оптимізація зображення.

При точному розрахунку кореляції відлік по рейці і масштаб визначаються за допомогою розрахунку 8-ми бітного сигналу. Потім результати відображаються, переробляються і реєструються.

На рейці (рис. 3.3) нанесені штрих-кодові символи 11, розташовані через два інтервали «P1» «P2», які самі по собі не варіюються. Таким чином, набір значень певних інтервалів включає тільки два значення, які відносно один одного відрізняються за величинами: «P1» і «P2». Три послідовних штриха складають один штриховий блок. Обраний набір із значень ширини позначається як W_x з підрядковими індексами $x = 1,2,3,4 \dots$

Послідовність чорно-білих елементів рейки становлять двійковий код. Його максимальна довжина може становити 4,05 м. Творці коду називають його псевдовипадковим. Завдяки цій властивості досягається унікальність коду на короткій ділянці рейки. Обробка результатів вимірювань ґрунтується на принципі кореляції.

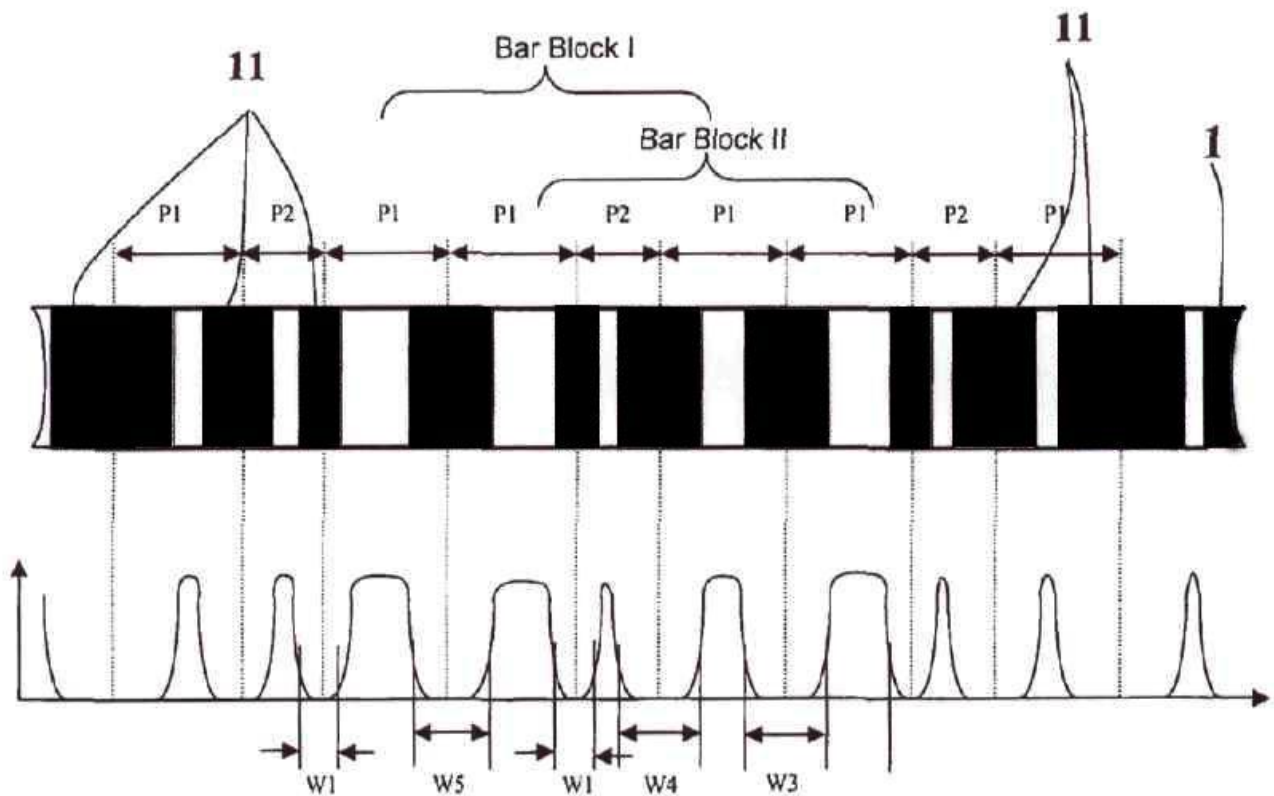


Рис. 3.3. Штрих-код нівелірів фірми Leica

В пам'ять приладу закладена вся послідовність коду. Послідовність чорно-білих елементів складають двійковий код максимальною довжиною 4,05 метра. Засновані на базовій ширині в 2,025 мм, всі елементи коду мають розмір, кратний базовій ширині. Кодова послідовність відповідає послідовності натуральних чисел. Найбільша зустрічається ширина, це 15 базових компонентів (30,375 мм).

Виробник називає послідовність чисел псевдовипадковою. Цією властивістю досягається «уявна випадковість», так що вже відносно короткий ділянку коду є оригінальним, тобто не повторюється. У міру виконання вимірів, зображення ділянки коду рейки надходить в ПЗЗ сенсор, де воно сприймається і оцифровується. Прийнятий лінійчатим фотоприймачем сигнал, порівнюється математичним методом з еталонним. При цьому потрібно визначити два невідомих параметри: «відлік по рейці» і «масштаб». Даний процес отримав назву оптимізація, так як основним його завданням є максимальна відповідність виміряного сигналу еталонному. При точному розрахунку кореляції відлік по

рейці і масштаб визначаються за допомогою розрахунку 8-ми бітного сигналу. Потім результати відображаються, переробляються і реєструються.

Цифрові нівеліри DiNi (DiNi: 10; 11; 12; 12T; 21; 22; 0,3) засновані в 1994. У той час, поки компанія Leica проводила роботи з кореляційними методами цілісного порівняння двох сигналів, Zeiss пішов до автоматизації відліку по рейці іншим шляхом [10].

Фрагмент кодової рейки, відповідний відліку по горизонтальній візирній осі, проектується на ПЗЗ лінійку через об'єktiv 1, фокусувальну лінзу 2, підвішене маятникове дзеркало 9 і жорстко закріплені призми 3 і 4, світлорозподільну призму 6 (рис. 3.4).

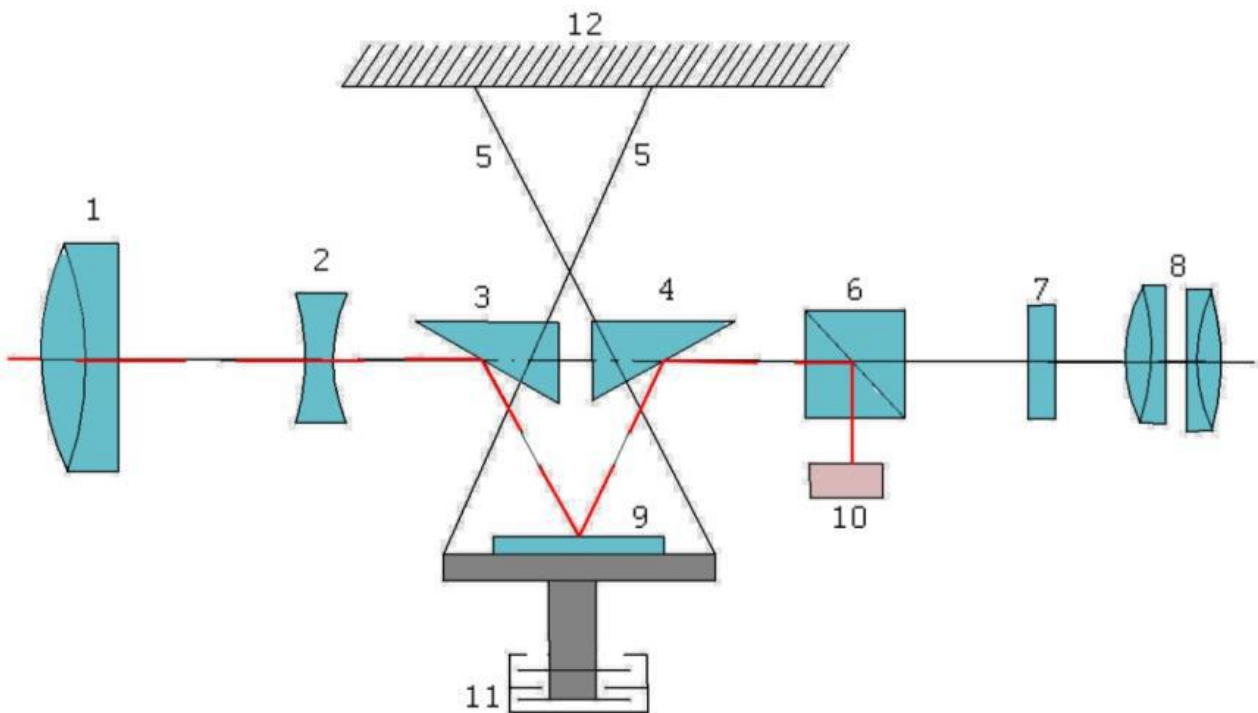


Рис. 3.4 Принципова схема нівеліра Zeiss (DiNi) 1 – об'єktiv; 2 – фокусувальна лінза; 3, 4 – призми; 5 – нитки; 6 – світлорозподільвач; 7 – сітка ниток; 8 – окуляр; 9 – дзеркало-компенсатор; 10 - лінійчатий фотодетектор; 11 - повітряний демпфер; 12 - корпус труби.

Через окуляр можна спостерігати зображення рейки в площині сітки ниток і фокусуватися на нього. Це дозволяє проектувати чітке зображення фрагмента рейки на лінійчатий фотодетектор 10. На всіх типах нівелірів Zeiss встановлюються однакові ПЗЗ приймачі. На ПЗЗ-лінійці довжиною 28,6 мм

розміщені 2048 пікселів. Величина пікселя дорівнює приблизно 13,7 мкм, величина зазору між елементами відповідає 0,25 мкм. Для опрацювання з 2048 елементів приймача задіюються тільки близько 1800, так як характеристики зображення по краях поля зору часто гірше, до того ж освітлення крайніх елементів значно слабше.

Зображення рейки викликає світло-темний сигнал ПЗЗ-приймача, який через аналоговий послідовний вихід підводиться до швидкого АЦП. Мікроконтролер записує отриманий цифровий сигнал в свою оперативну пам'ять. У підсумку, цифрова картинка передається програмі опрацювання зображень, де проводиться розпізнавання відліку, який, в свою чергу, виводиться на дисплей приладу і/або записується в довгострокову пам'ять (приєднується флеш-накопичувач).

Відлік по рейці визначається з положення країв інтервалів b_i на ПЗЗ-лінійці щодо оптичної осі, а також номери C_i відповідного інтервалу.

Рейки цифрових нівелірів Trimble (Ziess) включають два різних, залежних від відстані, коди.

Стандартний код (рис. 3.5. б) використовується для відліку по рейці від 4 м до 100 м, а код (рис. 3.5. г) – для ближньої області (від 1 до 4 м). Обидва коди дозволяють виконати абсолютне і однозначне відлічування.

Стандартний код є двійковим, «слово» коду - 1 байт має розмір 8 біт. Кожен біт має ширину 2 см і складається з двох частин однакового розміру по 1 см. Довжина ділянки рейки Δl , що відповідає одному закодованого слова (байту), реалізується чергуванням світлих і темних штрихів коду $\Delta l = (2^N - 1) \cdot q$, де N – число штрихів коду, q - ширина одного штриха, 2 см - основа системи числення. При довжині рейки $l = 3,0$ м, $q = 2$ см, $N = 7,5$, довжина слова повинна бути $\Delta l = 15$ см. Для забезпечення надійності на великих відстанях розпізнавання виконується з двох слів (байтів), тобто ділянку рейки для розпізнавання складе $2\Delta l = 30$ см.

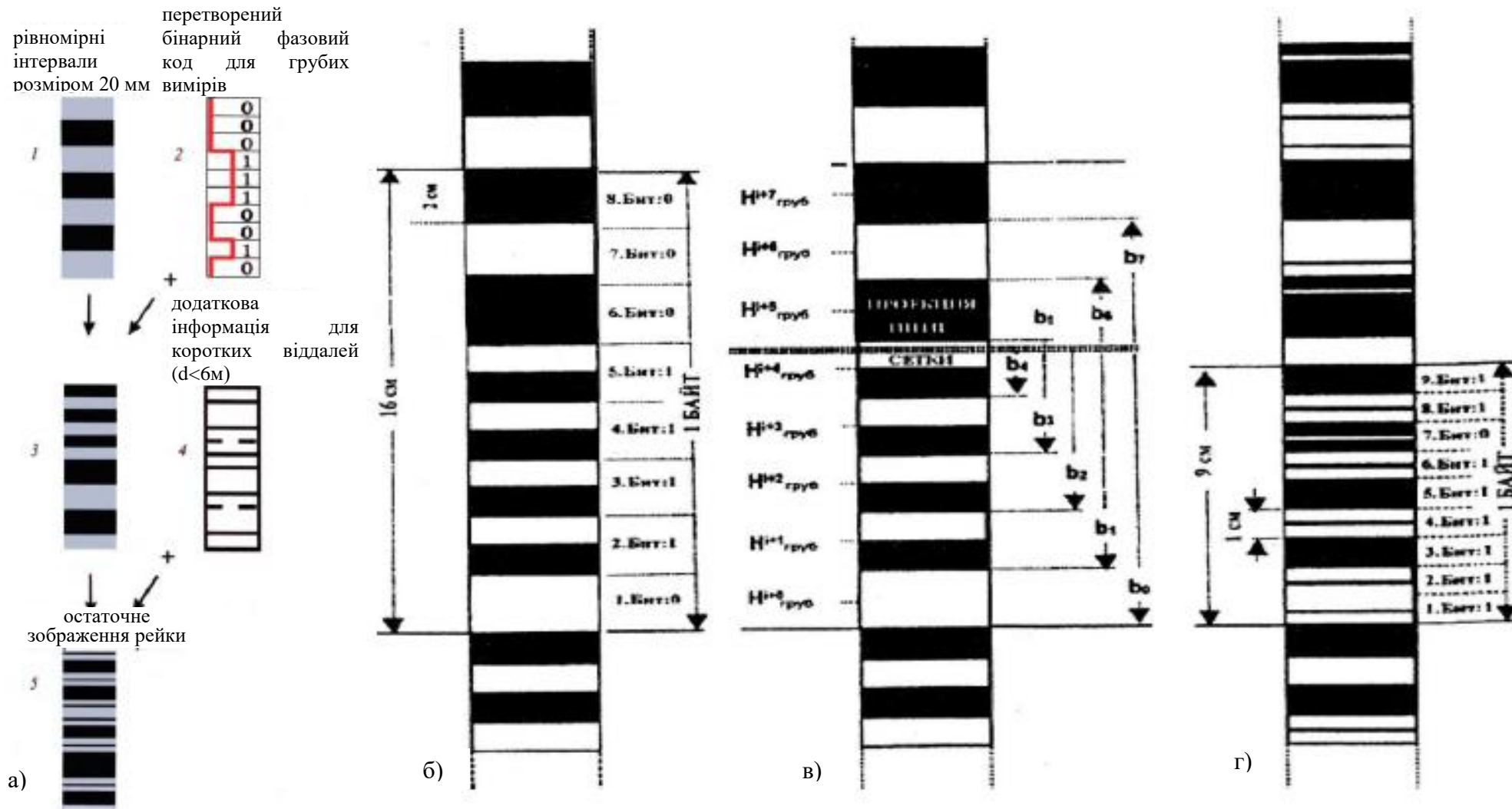


Рис. 3.5 Організація коду рейки Trimble (Zeiss) а) – організація коду рейки, б) – основа штрих-коду, в) – ділянка штрих-коду видимий далі 6 м, г) – ділянку штрих-коду видимий ближче 6 м.

Фірми–виробники прагнуть досягти не тільки високої точності вимірювань, але також зробити рейки легкими і міцними. Сьогодні з'явився новий матеріал – скловолокно (фіберглас), який має чудове співвідношення міцності та ваги і малий коефіцієнт лінійного розширення – 10 ppm (мм/км).

Зазвичай на одному боці рейки наноситься бінарний код для автоматизованого відлічування, а на іншій – звичайна шкала для візуального відліку.

3.2 Основні похибки цифрового нівелювання

Коли в 1990 громадськості був представлений перший цифровий нівелір, перед усіма виробниками постало в перспективі питання про безпомилкових вимірах, без систематичної похибки, проте численні дослідження все ж показали, що цифрові нівеліри також мають недоліки і при вимірах виникають систематичні відхилення. Істотними джерелами похибок цифрового нівелювання є наступні:

Компенсатором нахилу обладнані всі цифрові нівеліри, які існують на ринку. Тобто є компенсаторними нівелірами. Отже, всі джерела помилок, які викликаються компенсатором, наприклад, горизонтальний нахил, гістерезис і т.д., діють також і на цифрові нівеліри.

Сильний вітер може призвести до помітних коливань компенсатора, незважаючи на демпфірування. В інструментах з візуальним зчитуванням спостерігач буде сприймати зміщення перехрестя і припинить вимірювання, або турбуватиметься кращим захистом від вітру. У цифрових нівелірах спостерігач відчує в процесі вимірювання побічно. Визначення вимірюваної величини, тобто зчитування і обробка зображення, протікає автономно. Під час зчитування зображення спостерігач більш не контролює поле зору. Тому переміщення перехрестя сітки ниток залишиться непоміченим. При високій освітленості, наприклад, сонячним літнім днем, реєстрація зображення триває менше, ніж десята секунди. Само по собі, повільний рух маятника

компенсатора може не відбитися на чіткості зображення рейки ПЗЗ-лінійці. Для цього в нівелірах фірми Trimble-Zeiss відлік осереднюється з чотирьох окремих вимірювань, які обробляються окремо.

Навколишня температура. Лінія візування цифрового нівеліра визначається об'єктивом і обраним елементом приймача, який визначається юстуванням. Якщо температурні зміни ведуть до зміни вимірювальних характеристик ПЗЗ лінійки, лінія візування також змінюється.

Температурний ефект в цифрових нівелірах проявляється значно сильніше, ніж в оптико-механічних приладах.

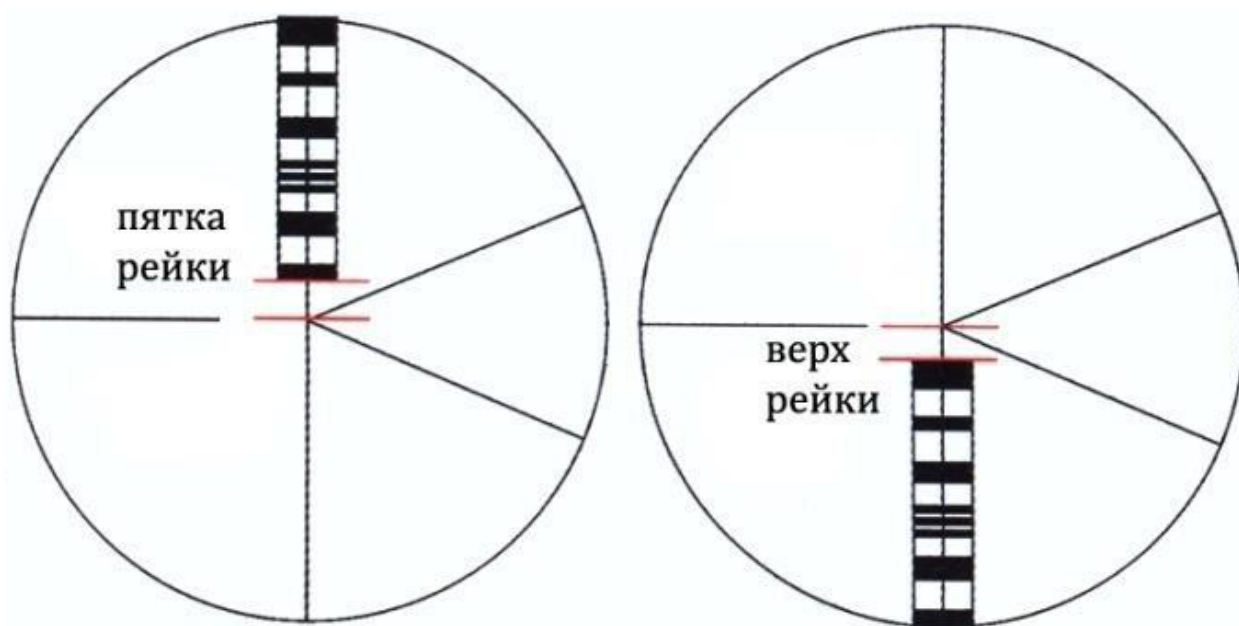


Рис 3.6. Вимірювання на краях рейки

Вимірювання на краях рейки. Всі виробники пропонують великі, в порівнянні з візуальним зчитуванням, діапазони вимірювань. Тобто якщо оптична лінія візування знаходиться вище кінця рейки або нижче початку (рис. 3.6), вимірювання можливі. Але в цих областях, які в залежності від виробника, можуть бути величиною до 6 см, спостерігається значна систематична похибка. Під час прецизійних вимірювань крайові області рейки, в яких неможливо візуальне зчитування не повинні використовуватися.

Освітлення. У сутінках та в темноті на ПЗЗ-приймач потрапляє занадто мало світла. Обробка неможлива. Як вихід можна використовувати галогенові приставні освітлювачі рейок. Зворотна ситуація настає, коли вимірювання

проводяться прямо в бік коли сонця низько над горизонтом (наприклад при заході сонця). Сонячне світло потрапляє на приймач і «заливає» його. Окуляр також слід захищати від сонячної інсоляції. В іншому випадку, сонячне світло може через світлорозділювач направлятися на приймач.

Закриття зображення рейки. Проектується фрагмент рейки може бути частково закритий оптичними перешкодами, наприклад гілками, парканами і т.д. (Рис. 3.7). Всі алгоритми обробки досліджують зображення фрагмента штрих-коду на порушення кодової послідовності. Якщо настає розрив, або порушення кодової послідовності, закрита область коду виключається з подальшої обробки. Така стратегія можлива в тому випадку, якщо закрита область становить не більше 30% оброблюваного фрагмента коду і зображення перешкоди на зображенні рейки ясно відрізниться.

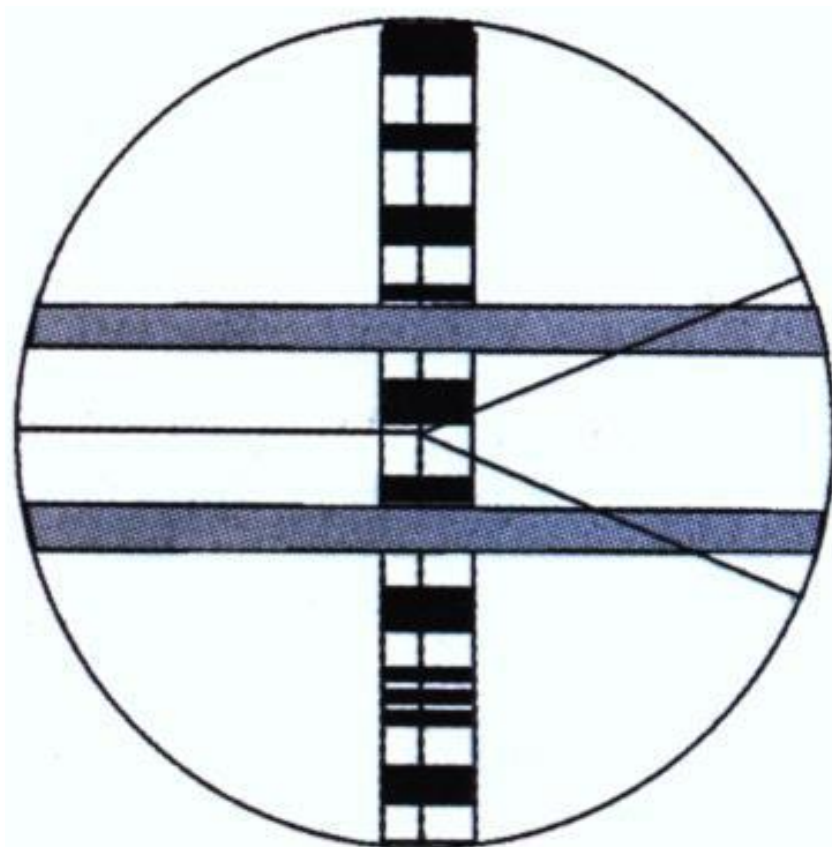


Рис. 3.7 Маскування коду візуальною перешкодою

Обертання рейки. Якщо площина рейки встановлена не ортогонально до напрямку візування (розгорнута), на ПЗЗ приймач проектується тільки вузька смуга штрих-коду. Дослідження показують, що електронні нівеліри некритичні

на установку рейки з розворотом. Всі прилади допускають обертання рейки мінімум на 50 град.

Масштаб рейки. Відхилення масштабу штрих-коду рейки від номінального розміру впливають так само, як і у традиційних нівелірних рейок. Поряд з окремим перевагою за рахунок принципу штрих-коду, в цифровому нівелюванні має місце складне відхилення масштабу дійсного і опрацьованого за допомогою ПЗЗ фрагментів рейки. Контроль геометрії рейок сьогодні проводиться стандартно на інтерферометрі або компараторі. При цьому досягаються точності в кілька мікрометрів.

Невідповідний масштаб рейки: Масштаб проєктованого коду змінюється лінійно з віддалю до рейки. При певній віддалі ширина інтервалу штрих-коду проєктується точно на піксель. Якщо кодова послідовність заснована на цілочисловому кратному аналізі базового інтервалу, може з'явитися систематична помилка інтерполяції. Помилка результату може скласти величину до 0,4 мм.

Помилка п'ятки рейки. Розбіжність п'ятки рейки з початком відліку нанесеного штрих-коду.

Поздовжній і поперечний нахил рейки. Рейка, що стоїть не строго вертикально представляє не інструментальну помилку, а помилку установлення, яка завжди веде до односпрямованому спотворенню вимірювань. Нахил рейки, незалежно від напрямку нахилу, є причиною висотно-залежного відхилення:

Похиле положення може бути викликано невивіреном сферичним рівнем або недбалістю помічників при встановленні. На всіх електронних нівелірах реєстрація зображення реалізована лінійчатим приймачем. Тому неможливо детектувати нахил штрих-кодової рейки. Це пов'язано головним чином з тим, що як результат представляється загальна світлова енергія, яка діє на піксель. Отже, перекіс штриха не може бути розпізнаний.

3.3 Будова, налаштування та перевірка цифрового нівеліра SOUTH DL-202

Нівелір DL-202 точний цифровий нівелір, призначений для технічного нівелювання та нівелювання IV і III класів, а також для роботи на об'єктах, де необхідне точне визначення висот. Відлічування штрих кодів рейок нівеліром виконується автоматично. Відлік рейки і віддаль до неї, відображаються на дисплеї нівеліра.

Результати вимірювань можуть автоматично зберігатися у внутрішній пам'яті. Після виконання вимірювань можна завантажити і передати ці результати для подальших розрахунків в ПК через USB комунікаційний порт нівеліра.

Огляд головного меню

Підготування приладу до роботи. Закріпіть прилад на штативі і приведіть бульбашку сферичного рівня на середину. Якщо вимірюватимемо горизонтальний кут, або лінію, необхідно зцентрувати прилад над точкою за допомогою ниткового виска.

Спрямуйте прилад на нівелірну рейку за допомогою приціла, наближено, установіть чітке зображення рейки фокусувальним гвинтом, а сітки ниток діоптрійним кільцем, і навідним гвинтом вертикальний штрих сітки ниток установіть на середину рейки. Перевірте сітку ниток на паралакс. Для цього спостерігаючи зображення рейки переміщуйте очі догори і вниз. Сітка ниток не має зміщуватися відносно зображення рейки. Якщо сітка ниток зміщується відносно зображення, повторіть фокусування зображення рейки і сітки ниток.

Неякісне фокусування негативно впливає на точність вимірювань.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики нівеліра

<u>Нівелювання</u>		
Точність нівелювання (Середня квадратична похибка визначення перевищення на 1 км подвійного ходу)	Електронне вимірювання	±1,5 мм
	Оптичне вимірювання	±2,0 мм
<u>Вимірювання віддалі (електронне)</u>		
Діапазон вимірювання		від 1.5 до 105 м
Точність вимірювання віддалі (СКП)	До 10 м	± 10 мм
	Більше 10 м	1/1000
Час електронного вимірювання		3 с
<u>Зорова труба</u>		
Зорова труба		Прямого зображення
Збільшення зорової труби		32 ^x
Мінімальна віддаль фокусування		1,5 м
Роздільна здатність		3''
Поле зору		1°20'
<u>Компенсатор</u>		
Компенсатор		Маятниковий, з магнетним демпфером
Діапазон роботи компенсатора		±12'
Точність		0,5''/1'
<u>Загальні характеристики</u>		
Внутрішня пам'ять		16 Мб (до 10000 точок)
Номер точки		Зростаючий
Дисплей		LCD, 128x32 dpi з підсвічуванням
Оцифрування горизонтального круга		1°
Ціна поділки сферичного рівня		8'/2 мм
Джерело живлення		Батарея (4,8 В)
Автоматичне вимкнення		Через 5 хвилин
Час роботи		Не менше 15 годин
Діапазон робочих температур		Від -20°С до +50°С
Пило-і вологозахищеність		IP54
Габаритні розміри		230×150×210 мм
Вага (з батареєю)		2,5 кг



Рис. 3.8. Будова цифрового нівеліра South DL-202

Увімкнення приладу

Натисніть клавішу увімкнення / вимкнення живлення  (**POW/MEAS**).






На екрані відобразиться.



► **1. Measure** – нівелір готовий до вимірювань;

↓ – є ще інші не відображені на екрані сторінки.

Символ батареї показує рівень її заряду.

-  - Батарея повністю заряджена;
-  - Достатній заряд;
-  - Половина заряду;
-  - Низький рівень. Потрібно замінити або зарядити батарею;
-  - Батарея розряджена, вимірювання неможливі.

Клавіші керування та їхні функції

POW/MEAS – Увімкнення живлення приладу (короткотривале натискання); вимкнення приладу (утримання натиснутої клавіші протягом 5-6с.). Вимірювання (короткотривале натискання) (рис. 3.8, а);

MENU – перехід з діалогового вікна до головного меню, якщо відобразиться (Return menu? Yes: ENT No: ESC), то для виходу до основного меню натискають ENT;

 - Увімкнення / вимкнення підсвічування екрану;

DIST – вимірювання віддалей;

↓ ↑ ← → - клавіші маніпулятора, дозволяють переміщувати курсор догори, донизу, праворуч та ліворуч;

ENT – підтвердження уведення, перехід до наступного рівня програми;

ESC – вихід з діалогового вікна або режиму редагування з поверненням до попередніх значень, до попереднього рівня. Також, для відміни та видалення останнього символу в режимі введення;



Рис. 3.9 Панель керування нівеліром South DL-202

0-9–клавіші уведення цифр;

— – робота з перевернутою рейкою (п'ятка рейки зверху). Перед цим в програмі налаштувань установлюють відлічування перевернутої рейки.

Структура головного меню

Головне меню нівеліра має чотирьох рівневу структуру, яка подана у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Головне меню нівеліра South DL-202 (англійською)

Програма	Підпрограма	Пункт	Підпункт
1.Measure	1. Measure mode		
	2. Stakeout	1. S.OGH	
		2. S.OHD	
		3. S.ODist	
	3. Leveling		
	4. GH&HD		
2. Adjust			
3. Set	1. Meas Para.	1.Meas.Mode	1. NTimes (1-9)
			2. Continuous
		2. Min.Reading	1 mm
			0,5mm
		3. InverseMode	Notuse
		Use	
	4. DisplayUnit	m (meter)	
		ft (US. Ft)	
		ft(фуму)	
	5. SaveMode	1. OFF	
	2. Auto		
	3. Manualsave		
	2. Ins. Para	1. AutoOFF	On

			Off
		2. Contrast	Contrast=>1÷9
		3. Backlight	Off
			On
		4. Ins.Info	Date: yy_mm_dd SN#: 02314
4. Data Manage	1. Input PN		
	2. Search	1. Input PN	
		2. StdMeasData	
		3. LvMeasData	
		4. GH/ HDDData	
	3. DeleteJob	1. InputPN	
		2. StdMeasData	
		3. LvMeasData	
	4. CheckCpa	4. GH/ HDDData	
5. FileOutput	1. Input PN		
	2. StdMeasData		
	3. LvMeasData		
	4. GH/ HDDData		
6. Format			

Головне меню нівеліра South DL-202 (українською)

Програма	Підпрограма	Пункт	Підпункт
1. Вимірювання	1. Окремі вимірювання		
	2. Розмічування (винесення точки на місцевість)	1. За висотою точки	
		2. За перевищенням	
		3. За віддалю	
3. Прокладання ходу			
4. Обчислення перевищення та висоти точки відносно вихідної точки			
2. Головна перевірка та її юсування			
3. Налаштування	1. Параметри вимірювання	1. Режим вимірювання	1. Декілька разів (1-9)
			2. Безперервно
		2. Дискретність відображення відліків рейки	1 mm
			0,5mm
		3. Робота з перевернутою рейкою	Не використовувати
	4. Одиниці вимірювань	Використовувати	
		m (meter)	
		ft (US. Ft) ft(фути)	
	5. Режими зберігання вимірювань	1. Не зберігати	
		2. Зберігати автоматично	
3. Зберігати вручну			
2. Ins. Para Параметри приладу	1. Автоматичне вимкнення	Увімкнуто	
		Вимкнено	
	2. Контраст	контрастність екрану від 1 до 9	
3. Підсвічування екрану		Вимкнено	
		Увімкнуто	

		4. Інформація про прилад	(дата/серійний номер приладу)
4. Data Manage Керування даними	1. Ввід номерів точок T (Введення назв реперів та їхніх висот)		
	2. Пошук	1. За уведеними назвами реперів	
		2. За назвами окремих вимірів	
		3. За назвою ходів	
		4. За назвою задньої точки	
	3. Видалити проєкт	1. За уведеними назвами реперів	
		2. За назвами окремих вимірів	
		3. За назвою ходів	
	4. Перевірка об'єму внутрішньої пам'яті	4. За назвою задньої точки	
	5. Вивід файлу	1. За уведеними назвами реперів	
		2. За назвами окремих вимірів	
		3. За назвою ходів	
4. За назвою задньої точки			
6. Форматування			

MEASURE(ВИМІРЮВАННЯ)

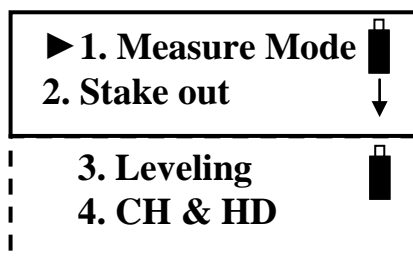
1. Measure Mode (Відлічування рейки)

Приводимо бульбашку сферичного рівня на середину. Спрямовуємо нівелір на рейку. Установлюємо чітке зображення рейки та сітки ниток. Спрямовуємо вертикальний штрих сітки ниток на середину рейки. Вмикаємо прилад.

Для багаторазового відлічування рейки, потрібно увійти в програму налаштувань Set і установити кількість відлічувань. 1. Meas Para → 1.Meas Mode → 2.N Times → установити кількість вимірювань → ENT. Повертаємось до програми вимірювань.



Натискаємо **ENT**.

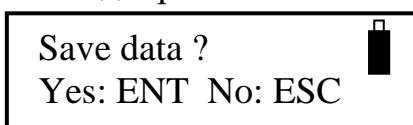


Входимо у **1. Measure Mode**.

Якщо в налаштуваннях Set вибрано OFF (не зберігати вимірювання у пам'яті), то на екрані відобразиться



Якщо в налаштуваннях Set вибрано Auto(автоматичне збереження вимірювань), або Manual save (зберігати вимірювання вручну), то після входження в **1. Measure Mode** відобразиться

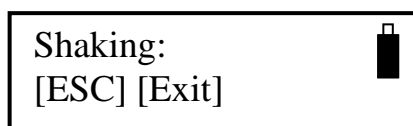


Для окремих відлічувань, які не записуватимуться у пам'ять приладу, вибираємо ESC і на екрані відобразиться

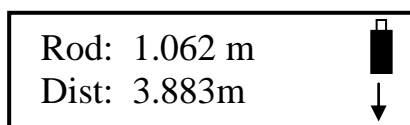


Натискаємо **POW/MEAS**.

Якщо освітлення рейки недостатнє, або рейка у місці відлічування частково затінена то на екрані відобразиться повідомлення про похибку



Якщо немає перешкод через, 3 с, для одного відлічування, відобразиться, наприклад

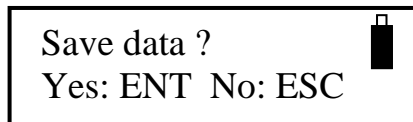


Rod: 1.062 m – відлік рейки;

Dist: 3.883m – віддаль до рейки.

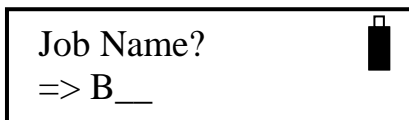
Для виходу до програми головного меню натискаємо Menu, або два рази клавішу ESC.

Для збереження вимірювань в пам'яті приладу, для відображеного повідомлення



Save data ?
Yes: ENT No: ESC

Натискаємо ENT, відобразиться



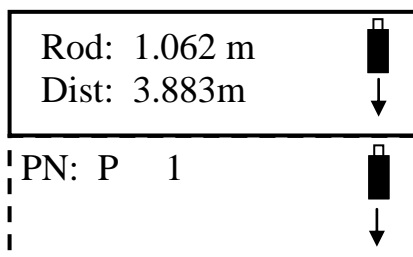
Job Name?
=> B__

Вводимо назву проекту, яка складається з обов'язкової літери В (відобразиться автоматично) та числа що може містити від 1 до 5 цифр, наприклад, B33. Підтверджуємо ENT. Відобразиться



Standard Mode
Press MEAS

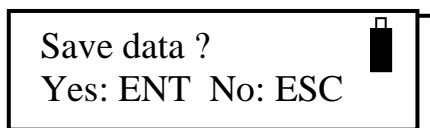
Натискаємо **POW/MEAS**. Ненадовго на 2-3 с відобразиться



Rod: 1.062 m
Dist: 3.883m

PN: P 1

Після цього відобразиться повідомлення



Save data ?
Yes: ENT No: ESC

Якщо відліки відповідають вимогам, то зберігаємо вимірювання натиснувши ENT. Якщо необхідно повторити відлічування на даній станції, то вибираємо ESC, і ще раз виконуємо вимірювання, так як описано вище.

Відлічування перевернутої рейки

Для роботи з перевернутою рейкою входимо в програму налаштування 3. Set → 1. Meas Para → 3. Inverse mode → use → ENT.

Виходимо натиснувши два рази ESC, (або один раз MENU) в програму вимірювань. Вибираємо



Натискаємо **ENT**, відобразиться



Натискаємо **ENT**. Якщо у налаштуваннях вибрано OFF (не зберігати вимірювання у пам'яті), то відобразиться.

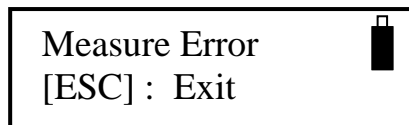


Якщо у налаштуваннях вибрано режим збереження вимірювань у пам'яті приладу, то поступають так, як описано вище у пункті відлічування рейки.

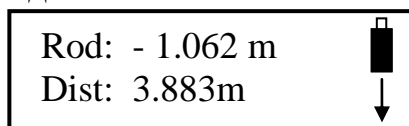
Натискаємо клавішу «->» підтвердження режиму роботи з перевернутою рейкою. На екрані відбуватиметься послідовна зміна зображення індикатора батареї і рейки.

Вмикаємо процес вимірювань **POW/MEAS**.

Якщо рейка не перевернута, то відобразиться повідомлення



Якщо рейка встановлена нулем догори, то для одного вимірювання через 3 с відобразиться, наприклад



Rod: - 1.062 m – перед відліком є знак мінус!

Для відміни режиму роботи з перевернутою рейкою треба знову увійти в режим налаштування 3. Set → 1. Meas Para. → 3. Inverse mode → Not Use, та підтвердити **ENT**, або вимкнути живлення.

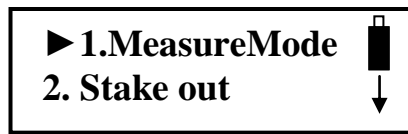
2. Stakeout (Розмічування)

Приводимо бульбашку сферичного рівня на середину. Спрямовуємо нівелір на рейку. Вмикаємо прилад **POW/MEAS**.

Відобразиться

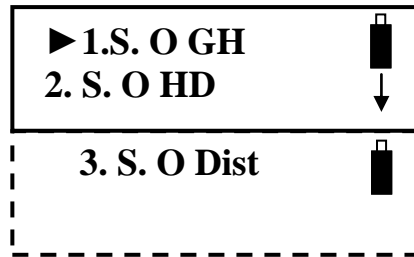


Натискаємо **ENT**, відобразиться



Вибираємо 2 пункт ↓↑ **Stakeout**

Натискаємо **ENT**, відобразиться



1. S. OGH – розмічування проектної висоти стосовно висоти відомої точки;

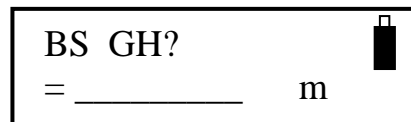
2. S. OHD – розмічування проектної висоти завідомим перевищенням;

3. S. ODist – розмічування проектної віддалі.

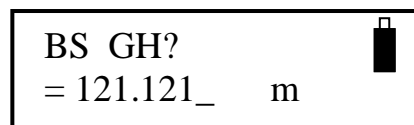
Розмічування проектної висоти стосовно висоти відомої точки

Вибираємо **1. S. OGH**

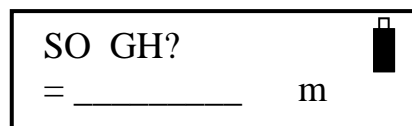
Натискаємо **ENT**, відобразиться



Вводимо відому висоту пункту на якому установлена рейка, наприклад, 121.121 м.



Підтверджуємо **ENT**, відобразиться



Вводимо проектну висоту, наприклад, 122.121 м.

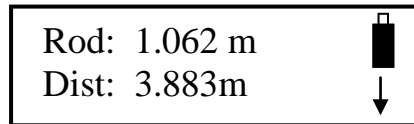
Підтверджуємо **ENT**, відобразиться



Виконайте вимірювання на репер натисніть **MEAS**.

Спрямовуємо зорову трубу на рейку установлену на репері.

Натискаємо **POW/MEAS** відобразиться, наприклад



В Rod: 1.062 m – відлік рейки

В Dist: 3.883m – віддаль до рейки

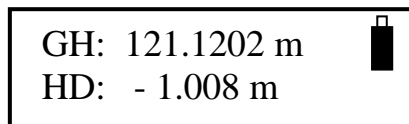
Натискаємо **ENT**, відобразиться



Meas SO Pt – виконайте вимірювання на проектній точці.

Переносимо рейку у проектну точку. Спрямовуємо зорову трубу на рейку.

Натискаємо **POW/MEAS**. Відобразиться, наприклад



GH: 121.1202 m – реальна висота п'ятки рейки

HD: - 1.008 m – величина на яку треба пересунути рейку так, щоби відлік зменшився (-) та її п'ятка зайняла проектну висоту.

Натискаємо **ENT**, відобразиться



ENT: Continue – продовжіть вимірювання

ESC: New Meas – нові вимірювання

Якщо величина HD задовольняє точність вимірювань, то натискаємо ESC, і починаємо вимірювання для іншої точки.


Якщо натиснемо **ENT**, попередньо перемістивши рейку на вказану величину HD: -1.008 m, відобразиться

Meas SO Pt
Press MEAS 

Вимірюйте знову на проєктну точку.

Натискаємо ще раз **POW/MEAS**.

Відобразяться наступні виміри

GH: 122.1222 m 
HD: - 0.012 m




Якщо потрібно, то змінюють висоту рейки до тих пір поки у рядку GH відобразиться проєктна висота, а у рядку HD: ≈ 0 – величина, якою можна знехтувати.

Якщо точність винесення висоти задовольняє вимогу, то переходимо, якщо потрібно, до наступного розмічування натиснувши ESC: New Meas.


Розмічування нової висоти виконують так, як описано вище.

Розмічування проєктної висоти стосовно за перевищення


Вибираємо **2. S. OHD**

1. S. O GH 
▶ 2.S. O HD 
3. S. O Dist 


Натискаємо **ENT**, відобразиться

BS GH? 
= _____ m


Вводимо висоту вихідного репера, наприклад, 121.121,

BS GH? 
= 121,121__ m

Підтверджуємо **ENT**, відобразиться

SO HD? 
= _____ m

Вводимо проєктне перевищення, наприклад, 1,000


SO HD?
= 1,000__ m 

Підтверджуємо **ENT**, відобразиться

Meas BS Pt 
Press MEAS

Спрямовую зорову трубу на рейку розташовану на вихідному репері.

Натискаємо, **POW/MEAS** відобразиться

B Rod: 1.0585 m 
B Dist: 3.847

B Rod: 1.0585 m – відлік на вихідний репер

B Dist: 3.847 – віддаль до вихідного репера


Натискаємо **ENT**, відобразиться

Meas SO Pt 
Press MEAS

Meas SO Pt Press MEAS – виконайте вимірювання на проектну точку

Спрямовуємо нівелір на рейку розташовану у проектній точці.

Натискаємо **POW/MEAS** відобразиться, наприклад

GH: 121.120 m 
HD: - 1.000 m

GH: 121.120 m – реальна висота п'ятки рейки

HD: - 1.000m – перевищення на яке необхідно перемістити рейку, на проектну висоту.

Натискаємо **ENT**, відобразиться

ENT: Continue 
ESC: New Meas

Попередньо перемістивши рейку на вказану величину.

Натискаємо **ENT**, відобразиться

Meas SO Pt 
Press MEAS

Натискаємо **POW/MEAS**. Відобразяться наступні виміри

GH: 122.1232 m
HD: - 0.022 m

Якщо потрібно, то переміщують рейку до тих пір поки у рядку GH буде проектна висота, а у рядку HD: ≈ 0 – величина якою можна знехтувати.

Якщо точність винесення висоти задовольняє вимогу, то переходимо, якщо потрібно до наступного розмічування натиснувши ESC: New Meas.

Розмічування нової висоти виконують так, як описано вище.

Винесення проектної віддалі

Вибираємо **3. S. OHD**

1. S. O GH
2. S. O HD
▶ 3.S. O Dist

Натискаємо **ENT**, відобразиться

Input Dist?
= _____ m

За допомогою клавіатури вводимо проектну віддаль, наприклад, 4.27

Input Dist?
= 4,27 _____ m

Підтверджуємо **ENT**, відобразиться

S.O Dist
Press MEAS

Спрямовуємо зорову трубу на рейку розташовану приблизно в проектній точці.

Натискаємо клавішу вимірювань **POW/MEAS**. Відобразиться

Dist: 3.885 m
 Δ Dist: 0.385

Dist: 3.885 m – дійсна віддаль до рейки

Δ Dist: 0.385 – різниця проектної і дійсної віддалі. Потрібно перенести рейку далше від нівеліра на 0,385 м. (якщо Δ Dist: має знак мінус, то рейку


переносять ближче до нівеліра).

Якщо точність винесення висоти $\Delta Dist$ задовольняє вимогу, то виконуємо, якщо потрібно, наступне розмічування натиснувши ESC: NewMeas.

3. Leveling (Прокладання нівелірного ходу)

Ця підпрограма працює тільки в режимі збереження даних. Тому, до початку роботи в ній, виконують налаштування. **Set** → **Meas Para** → **Save Mode** → **Auto**, або **Manual Save**.


Якщо в налаштуваннях **SET** вибрано **OFF**, тимчасово відобразиться

Sel The Output M 
[ESC]: Exit

Хід прокласти неможливо.


Вибравши **Auto**, або **Manual Save** підтверджуємо **ENT**. Відобразиться **Save Mode**. Переходимо до програми **1. Measure**.

Для прокладання нівелірного ходу вибираємо **1. Measure** → **3. Leveling**. Відобразиться

Job Name? 
=> L__

Job Name? – назва проекту.


Вводимо назву проекту, яка складається з обов'язкової літери L (відобразиться автоматично) та числа, що містить від 1 до 5 цифр (наприклад, L1).

Job Name? 
=> L1_

Підтверджуємо ENT.

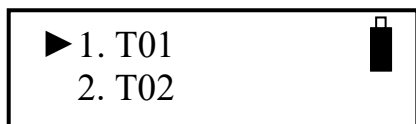
BS PN 
=> P1_

Вводимо новий номер, або залишаємо P1 номер заднього (вихідного) репера, наприклад залишаємо P1. Підтверджуємо ENT. Відобразиться

Load Data? 
Yes: ENT No: ESC

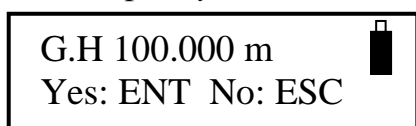
Load Data? – завантажити дані із пам'яті приладу?

Якщо у пам'яті нівеліра уведені назва та висота вихідного репера, то натискаємо **ENT**, відобразиться перелік назв точок, які є у пам'яті



Вибираємо, необхідну точку **ENT**.

У пам'яті приладу назви пунктів, складаються з обов'язкової літери T (відображається автоматично) та числа, що містить від 1 до 5 цифр. В проєкті прокладання ходу назва вихідного пункту складається з обов'язкової літери P. Якщо наприклад пункт T1 та P1 один і той же пункт то підтверджуємо ENT.



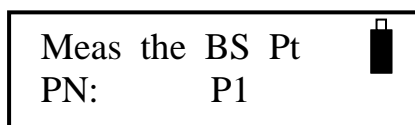
Якщо репер вибраний помилково, то натискаємо **ESC**. Відобразиться ще раз



повідомлення з переліком точок

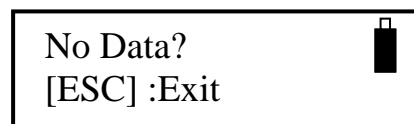
Вибираємо потрібний репер і підтверджуємо **ENT**. Відобразиться попереднє повідомлення з висотою репера. Натискаємо **ENT**.

Для обох випадків відобразиться однакове повідомлення

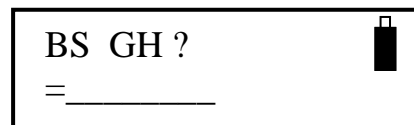


Meas the BS Pt – виміряти на задній репер з номером 1. Натискаємо **POW/MEAS**. Відобразиться

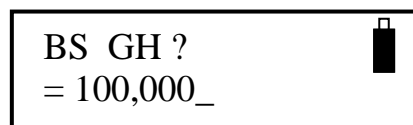
Якщо у пам'яті приладу не має уведених назв та висот пунктів, то натиснувши **ENT**, то короткочасно відобразиться



Якщо у пам'яті нівеліра не уведені назва і висота вихідного репера, то вибираємо **No: ESC**, відобразиться




Уведіть висоту репера. Наприклад, 100,000 м. Уводимо цю висоту.




Підтверджуємо **ENT**.


Може відобразитися повідомлення

Continue Job? 
Yes: ENT No: ESC

Таке повідомлення відобразиться тоді коли у пам'яті приладу вже є такий проєкт. Для продовження роботи у ньому натискаємо ENT

B Rod: 1.0773 m 
B Dist: 3.278m

Якщо необхідно повторити вимірювання, то натискаємо ще раз [MEAS].
Для продовження вимірювань натискаємо ENT, відобразиться


Select Pt Type 
▶ FS Int

Select Pt Type – виберіть тип точки. Вибираємо стрілками → ← тип точки.


FS (Front Sight) – передня зв'язкова точка.

Int (Intermediate) – проміжна точка.


Вибравши FS натискаємо ENT, відобразиться

FS PN 
=> P2__


FSPN => P2__ – передня зв'язкова точка з числом 2 яке буде на одиницю більша від номера введеної задньої точки (якщо необхідно можна змінити назву точки, видаливши попередній номер клавішею ESC і ввівши новий).
Натискаємо ENT, відобразиться.

Meas the FS Pt 
PN: P2


Вимірюємо MEAS, відобразиться

F Rod: 1.0505 m 
FDist: 3.281m


Підтверджуємо ENT. Відобразиться

Select Pt Type 
▶ BS Int


Підтверджуємо вибір на задню точку номер 2. Вимірюємо. Відобразиться.

B Rod: 1.0508 m	
B Dist: 3.291 m	


Підтверджуємо ENT. Відобразиться

Select Pt Type	
▶ FS Int	


Підтверджуємо ENT.

FS PN	
=> P3__	


Підтверджуємо ENT.

Meas the FS Pt	
PN: P3	

Відобразиться

F Rod: 1.0759 m	
FDist: 3.295 m	

Відобразиться


Select Pt Type	
▶ BS Int	

Продовжуємо прокладання так як описано вище.


Після закінчення прокладання ходу, або роботи на будь-які станції можемо переглянути результати вимірювань від початку до переглядуваної станції чи ходу.

4. GN&HD (Обчислення перевищення відносно вихідної точки)

Вибираємо **1. Measure** → **4. GN&HD**. Відобразиться

Save data?	
Yes: ENT No: ESC	

Натискаємо **ENT**, відобразиться


Job Name?	
=> H__	

Вводимо назву проекту, наприклад, H22. Підтверджуємо ENT,

відобразиться.

Input BS GH? 
Yes: ENT No: ESC



Натискаємо **ENT**, відобразиться

BS GH? 
= _____ m

Введіть висоту задньої точки. Вводимо, наприклад, 222 м, підтверджуємо **ENT**. Відобразиться.

Meas BS Pt 
Press MEAS

Вимірюємо, відобразиться




B Rod 1.0760m 
B Dist 3.295 m ↓
GH: 222.0000 m 
PN: P 1

Підтверджуємо **ENT**. Відобразиться

Meas FS Pt 
Press MEAS

Спрямовуємо нівелір на передню точку. Натискаємо **MEAS**.

Під час вимірювань відображається відлік рейки та віддаль до неї. Остаточо відобразиться.

GH: 222.0325 m 
Δ H: 0.0325 m ↓
F Rod 1.0435m 
FDist 3.306 m ↓
PN: P 2 

Натискаємо **ENT**, відобразиться



Якщо вибрати ENT: Continue, то ще раз виконуємо вимірювання на передню точку. Відобразяться вищепоказані трьох сторінкові результати. Для наступних вимірювань вибираємо ESC: New Meas, то відобразиться



Подальші вимірювання виконують так, як описано вище.

2. ADJUST(ПЕРЕВІРКА)

Щоб виконати головну перевірку приладу необхідно навчитись відлічувати рейку.

Під час виконання перевірки у налаштуваннях встановлюємо:

1. Багаторазові (9 разів) відлічування рейки. Заходимо у програму налаштувань **3. Set.** Вибираємо **1. MeasPara** → **1. MeasMode** → **1. N Times** та встановлюємо № = 9 → ENT.
2. Дискретність відлічувань. **3. Set.** → **1. Meas Para;** → **2. Min. Reading;** → **0.5 mm** → ENT.
3. Вибір процесу в якому вимірювання не зберігатимуться у пам'яті приладу. **3. Set.** → **1. Meas Para;** → **5. Save Mode** → **1. OFF** → ENT.

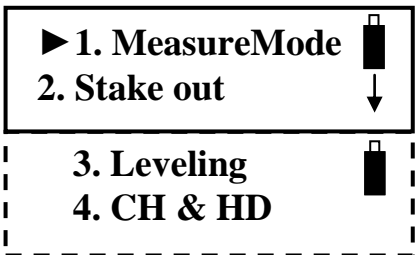
Натискаємо ESC для переходу до програм Menu.

Відлічування рейки

Приводимо бульбашку сферичного рівня на середину. Спрямовуємо нівелір на рейку. Вмикаємо прилад.



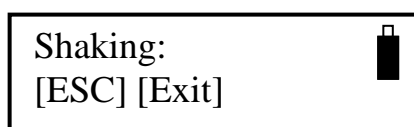
Натискаємо ENT.



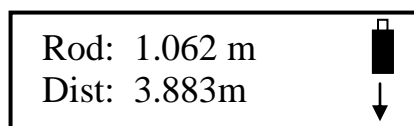
Входимо у **1. Measure Mode**.



Натискаємо **POW/MEAS**. Якщо освітлення рейки недостатнє, або рейка у місці відлічування частково затінена то на екрані відобразиться повідомлення про похибку



Максимально, якщо немає перешкод через, 3 с, для одного відлічування відобразиться, наприклад.



Rod: 1.062 m – відлік рейки;

Dist: 3.883m – віддаль до рейки.

Для виходу в головне меню натискаємо Menu, або два рази клавішу ESC.

1. Перевірка сферичного рівня

Вісь сферичного рівня має бути паралельна до осі обертання нівеліра.

Установлюють бульбашку сферичного рівня на середину користуючись трьома підймальними гвинтами. Під час приведення бульбашки рівень може розташовуватися у будь-якому положенні відносно підймальних гвинтів. Обертають верхню частину нівеліра на 180°. Якщо бульбашка рівня залишилася на середині, перевірка виконується. Якщо відхилення бульбашки від середини понад 0,3 поділки рівня, то виправними гвинтами цього рівня, пересувають її на половину відхилення до середини. Перевірку повторюють.

2. Визначення ціни поділки сферичного рівня у нівелірах із компенсатором

Визначають ціну поділки ξ' одного зубця підймального гвинта. Для цього на віддалі $d \approx 40$ м, установлюють рейку. Нівелір установлюють так, щоб один із підймальних гвинтів розташовувався у створі з рейкою. Підкладають навпроти цього гвинта зігнений дротик, притиснений основою підставки до головки

штатива. Установлюють бульбашку сферичного рівня на середину. Вимірюють віддаль d до рейки. Навпроти зігненого дротика (відлікового штриха) позначають зубець підйимального гвинта. Обертають цей підйимальний гвинт нівеліра доти, доки перестане працювати компенсатор. Це буде видно з різкої зміни відліків рейки. Відлічують візуально рейку b_1 . Обертають цей підйимальний гвинт ще на один оберт і знову відлічують рейку b_2 . Рахують загальну кількість зубців n на головці підйимального гвинта і обчислюють ціну поділки одного зубця:

$$\xi' = \frac{b_2 - b_1}{d \cdot n} \cdot \rho'$$

тут $\rho' = 3438$.

Наклеюють на рівень прозорий матеріал із двома концентричними колами, віддаль між якими 2 мм. Діаметр внутрішнього кола має дорівнювати діаметру кола нанесеному на сферичному рівні нівеліра.

Надають нівеліру робочого положення (рис. 3.10, 1). Обертаючи згаданий підйимальний гвинт, установлюють бульбашку сферичного рівня у положення 2 (рис. 3.10). Обертають цей же підйимальний гвинт так, щоб бульбашка рівня перемістилася у положення 3.

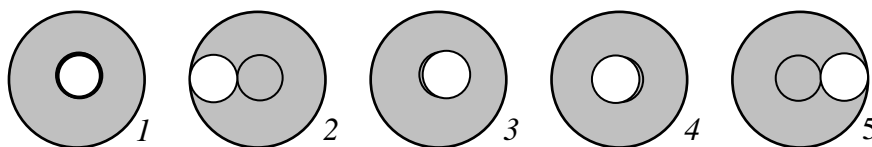


Рис. 3.10. Положення бульбашки сферичного рівня.

Під час обертання рахують кількість зубців m_1 , на які обернули підйимальний гвинт відносно відлікового штриха. Потім установлюють бульбашку у положення 4 і 5, лічать також кількість зубців m_2 , на які треба обернути підйимальний гвинт, щоб бульбашка рівня перемістилася з положення 4 у положення 5. Описані дії становлять один півприйом. Аналогічні вимірювання виконують у зворотному напрямі (другий півприйом). Два півприйоми становлять один прийом. Ціну поділки рівня з одного півприйому обчислюють за формулою

$$\tau = \frac{\xi'(m_1 + m_2)}{2}.$$

Приклад. Визначаємо ціну поділки одного зубця. Для цього вимірюємо віддаль від нівеліра до рейки $d = 39,5$ м, відлік рейки після припинення роботи компенсатора, $b_1 = 1108$ мм. Після обертання підйимального гвинта у цьому ж напрямі на один оберт відлік рейки $b_2 = 0100$ мм. Кількість зубців на головці підйимального гвинта у нівелірі $n = 44$. Ціна поділки одного зубця

$$\xi' = \frac{3438'(1108 - 0100)}{39500 \cdot 44} \cong 2,0'.$$

Визначаємо ціну поділки рівня. Кількість зубців, на яку потрібно обернути гвинт для переміщення бульбашки з положення 2 у положення 3, становить $m_1 = 3,5$, а з положення 4 у положення 5 – $m_2 = 4,0$. Тоді

$$\tau = \frac{2,0(3,5 + 4,0)}{2} = 7,5' \approx 8'.$$

3. Перевірка меж компенсації компенсатора

У нівелірів із компенсаторами діапазон роботи компенсатора має бути щонайменше 15'.

Межі компенсації нівеліра визначають тому, що компенсатор може мати межу компенсації в один бік достатню, а в інший співрозмірну з ціною поділки сферичного рівня. Якщо бульбашку сферичного рівня не точно установити на середину, то компенсатор може не працювати. Розглянемо спосіб визначення меж компенсації за допомогою підйимальних гвинтів.

Нівелір установлюють на віддалі приблизно 40 м від рейки так, аби один з підйимальних гвинтів розташовувався у створі з рейкою, і далі визначають ціну одного зубця підйимального гвинта. Установлюють бульбашку сферичного рівня нівеліра на середину. Обертають згаданий підйимальний гвинт на один зубець, відносно відлікового пристрою, відлічують візуально рейку і записують цей відлік. Обертають цей же підйимальний гвинт ще на один зубець і знову, відлічивши рейку, записують відлік. Відліки можуть відрізнятися у межах точності відлічування. Гвинт обертають допоки суттєво зміниться відлік. Тоді

лічать кількість зубців m , на яку обернули підймальний гвинт. Помноживши кількість зубців, на яку обернули підймальний гвинт, на ціну поділки одного зубця отримують кут межі компенсації компенсатора Δ у поздовжньому напрямі в один бік від прямовисно розташованої вертикальної осі, наприклад, об'єktiv донизу, за формулою

$$\Delta = \xi' \cdot m .$$

Установлюють початковий зубець знову навпроти дротика, обертають щоразу згаданий підймальний гвинт на один зубець у протилежний бік, відлічуючи щоразу рейку. Аналогічно обчислюють кут межі компенсації у поздовжньому напрямі у протилежний бік від прямовисно розташованої вертикальної осі нівеліра, наприклад, об'єktiv догори.

Обертають нівелір на головці штатива, так щоби підймальний гвинт із дротиком розташовувався перпендикулярно до лінії нівелір – рейка. Знову установлюють бульбашку рівня на середину й обертають підймальний гвинт, що розташований перпендикулярно до лінії нівелір-рейка в один бік, наприклад, за ходом годинникової стрілки, щоразу на один зубець. Щоразу відлічують рейку й записують відлік. Помноживши кількість зубців на їхню ціну поділки, отримують межі компенсації компенсатора, наприклад, ліворуч від прямовисно розташованої осі. Аналогічно, після установлення початкового зубця у вихідне положення навпроти дротика, визначають межі компенсації у другий бік, обертаючи згаданий гвинт проти ходу годинникової стрілки.

Приклад дослідження меж роботи компенсатора подано у табл. 3.3. Висновок – межі роботи компенсатора у поздовжньому напрямі – об'єktiv догори – 24'; об'єktiv донизу – 20'; ліворуч – 18'; праворуч – 16'.

4. У нівелірах із компенсаторами, які використовуватимуться у нівелюванні IV та III класу, середня квадратична похибка самоустановлення візирного променя має бути менша, ніж 0,5".

Розглянемо польовий спосіб визначення похибки роботи компенсатора.

Похибка визначення перевищення на станції нівелірами з компенсаторами, які використовуватимуться для нівелювання III класу має

бути меншою 3 мм, а IV класу - 5 мм(для віддалі між рейками 100 м).

Таблиця 3.3

Дослідження меж роботи компенсатора нівелірів

Кут нахилу	Відлік рейки, мм			
	Поздовжній нахил нівеліра		Поперечний нахил нівеліра	
	об'єктів догори	об'єктів донизу	ліворуч	праворуч
0'	1104	1104	1104	1104
2'	1104	1104	1104	1104
4'	1104	1104	1104	1104
6'	1104	1104	1104	1104
8'	1104	1104	1104	1104
10'	1104	1104	1104	1104
12'	1104	1104	1104	1104
14'	1104	1104	1104	1104
16'	1104	1104	1104	1104
18'	1104	1104	1104	1107
20'	1104	1104	1100	
22'	1104	1108		
24'	1104			
26'	1100			

Систематична похибка нахилу візирної осі горизонтально на 1' нахилу має бути меншою 0,3".

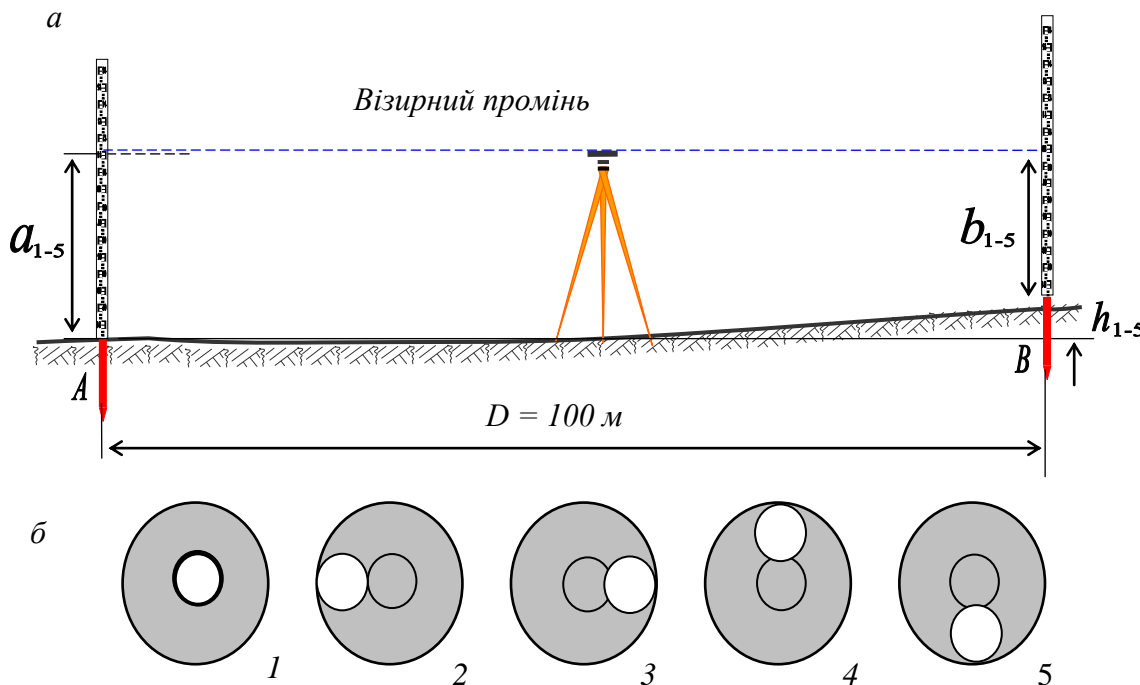


Рис. 3.11. Схема дослідження компенсатора (а); положення (1-5)

Для перевірки установлюють дві рейки на віддалі приблизно 100 м. Посередині між ними установлюють нівелір (рис. 3.11, а). Установлюють

бульбашку сферичного рівня на середину (рис. 3.11, б, пол. 1). Наклеюють на сферичний рівень прозорий матеріал із двома концентричними колами, віддаль між якими дорівнює 2 мм. Діаметр внутрішнього кола має дорівнювати діаметру бульбашки. Відлічують штрихкодів боки рейки a_1 і b_1 . Обчислюють перевищення $h_1 = a_1 - b_1$. Підймальними гвинтами переміщують бульбашку сферичного рівня у положення 2, 3, 4, 5 (рис. 3.11, б) і після кожного переміщення знову відлічують штрихкодів боки рейки: a_2 і b_2 ... a_5 і b_5 . За цими відліками визначають перевищення $h_2 = a_2 - b_2$, ..., $h_5 = a_5 - b_5$. Такі вимірювання становлять одну серію досліджень. Всього виконують п'ять таких серій. Якщо нівелір справний, то середні значення перевищень із п'яти серій для кожного з положень 2, 3, 4, 5 не відрізнятяться від середнього значення перевищення із п'яти серій у положенні 1 більше, ніж на 3 мм для III кл., і 5 мм – для IV кл.

У табл. 3.4 подано приклад таких досліджень.

Таблиця 4

Дослідження якості роботи компенсатора нівеліра South DL 202

Номер серії	Перевищення, м				
	Бульбашка по середині, положення (1)	Поздовжній нахил		Поперечний нахил	
		Об'єktiv вниз, положення бульбашки (2)	Об'єktiv догори, положення бульбашки (3)	Праворуч, положення бульбашки (4)	Ліворуч, положення бульбашки (5)
1	1,5753	1,5759	1,5763	1,5754	1,5743
2	1,5754	1,5761	1,5766	1,5759	1,5749
3	1,5752	1,5757	1,5755	1,5754	1,5752
4	1,5751	1,5758	1,5767	1,5756	1,5754
5	1,5751	1,5756	1,5763	1,5757	1,5747
Середнє	1,57522	1,57482	1,57628	1,57560	1,57490
Δh , мм		-0,40	+1,06	0,38	-0,32

Як видно з таблиці, всі різниці Δh менші, ніж 3 мм.

Систематичну похибку установаження візирної осі горизонтально на 1' нахилу визначають за формулою

$$m_{\text{сист}} = \frac{h_{\text{сер}} - h_i}{2D \cdot \alpha} \cdot \rho''$$

тут D – віддаль від нівеліра до рейки. Для віддалі між рейками 100 м,

$D=50$ м. α кут нахилу нівеліра. Якщо нівелір нахилити на 1 поділку сферичного рівня, то $\alpha=8'$, $\rho''=206265$. $h_{сер}$ – середнє із п'яти серій (положення бульбашки (1), див. табл. 3.4) h_i – середнє із п'яти серій (положення бульбашки (2) – (5), див. табл. 3.4)

Найбільше розходження для положення бульбашки об'єктивом догори $h_{сер} - h_i = 1,07$ мм.

$$m_{сисг} = \frac{1.06}{2 \cdot 50000 \cdot 8'} \cdot 206265'' = 0.28''$$

Що менше допуску $0,3''$.

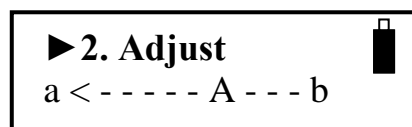
5. Головна перевірка нівеліра

Виберіть два закріплені (можуть бути два підкладні) пункти віддаль між якими ≈ 50 м, а перевищення між ними $\leq 0,5$ м (рис. 3.12). Розділіть віддаль між пунктами a і b , у яких установлено рейки, приблизно на 3 рівних відрізки. Установіть прилад в робоче положення на станції А.

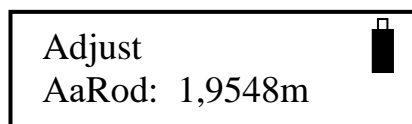
1. Увімкніть прилад.



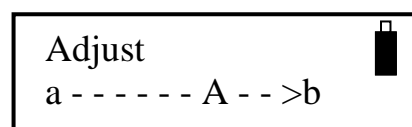
2. Виберіть \downarrow пункт Adjust (перевірка) в головному меню і натисніть клавішу ENT



3. Спрямуйте нівелір на рейку показану на екрані стрілкою, розташовану в пункті a . Натисніть клавішу Meas



4. Підтвердіть отримане значення клавішею ENT



5. Спрямуйте нівелір на рейку показану на екрані стрілкою, розташовану

в пункті *b*. Натисніть клавішу Meas

Adjust
Ab Rod: 1,2450m

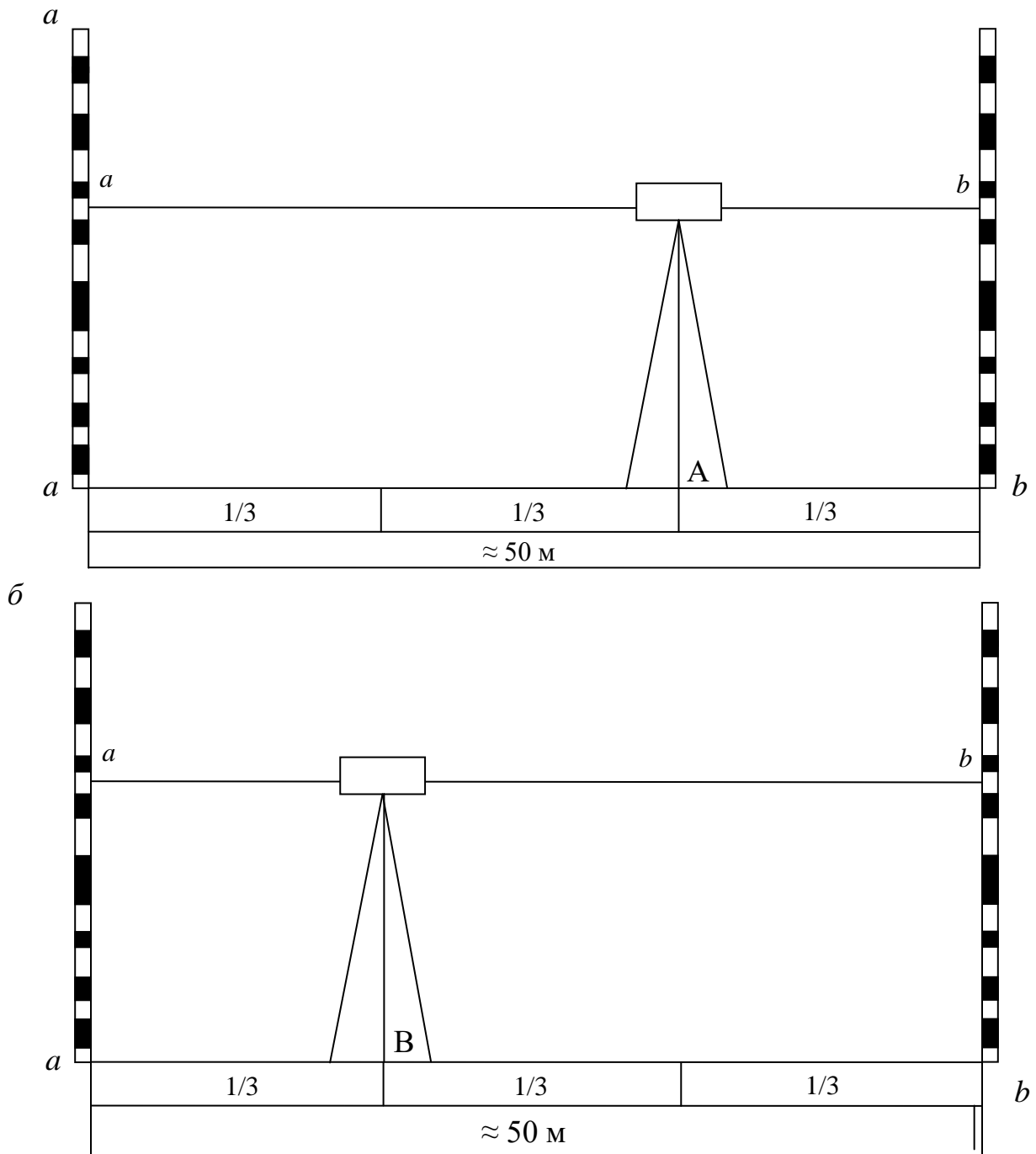


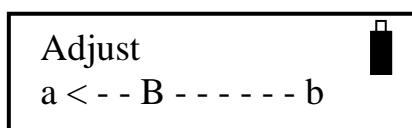
Рис.3.12. Перевірка головної умови нівеліра

6. Підтвердіть отримане значення клавішею ENT

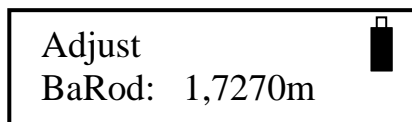
Relocate
A -----> B

Прилад не вимикати!!!

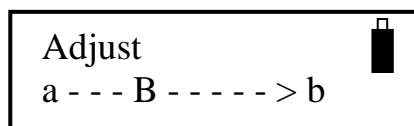
7. Перенесіть прилад на станцію В і приведіть в робоче положення.
8. Підтвердіть перехід клавішею ENT



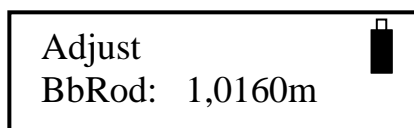
9. Спрямуйте нівелір на рейку розташовану в точці *a*. Натисніть клавішу Meas



10. Підтвердіть отримане значення клавішею ENT

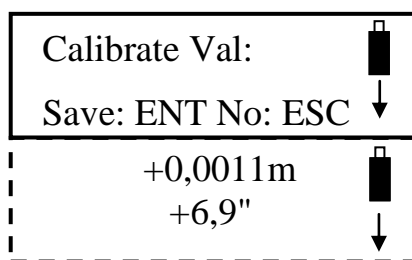


11. Спрямуйте нівелір на рейку розташовану в пункті *b*. Натисніть клавішу Meas



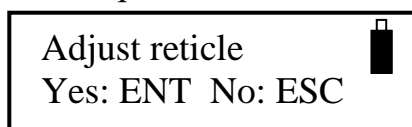
12. Підтвердіть отримане значення клавішею ENT

13. Якщо головна умова виконується, то на екрані відобразиться



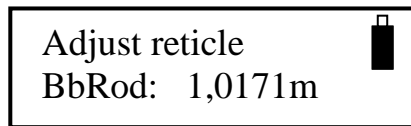
Calibrate Val: – результат перевірки. Якщо натиснути на клавіатурі стрілку ↓, то на другій сторінці відобразиться величина непаралельності $x=+0,0011\text{m}$, та кут «*i*»= +6,9".

14. Натиснувши ENT, відобразиться



Adjust reticle – перевірка положення сітки ниток.

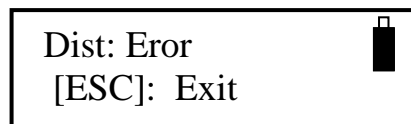
15. Натиснувши ENT, відобразиться



$BbRod = 1,0171m$ – електронний відлік із введеною поправкою за кут «*i*», який необхідно встановити під час відлічування метричного боку рейки.

Відлічуємо рейку на метричному боці, наприклад, 1016 м. Знявши кришку доступу до виправних гвинтів сітки ниток установлюємо ними правильний відлік 1017м.

Якщо у процесі перевірки вибрана неправильно віддаль, або виконано неякісно виміри, то на екрані відобразиться



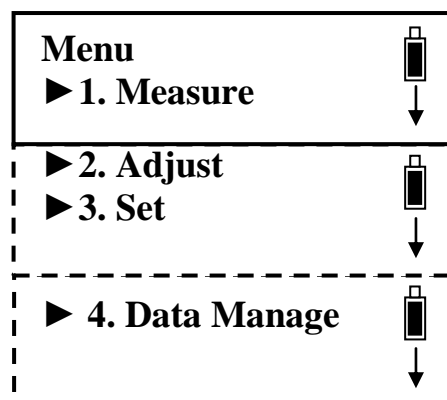
Потрібно вибрати правильну віддаль і повторити перевірку.

3. SET (НАЛАШТУВАННЯ)

Зазвичай до початку вимірювань в нівелірі потрібно виконати налаштування (**Set**) приладу (див. табл. 3.1).

Налаштування поділяють на налаштування параметрів вимірювань (Meas Para.) та параметрів приладу (Ins. Para.).

Для налаштувань вмикаємо прилад натисканням клавіші **POW/MEAS**. Відобразиться



Вибираємо на 2-й сторінці головного меню 3. Set (налаштування).

Входимо у Set натиснувши клавішу ENT відобразиться.

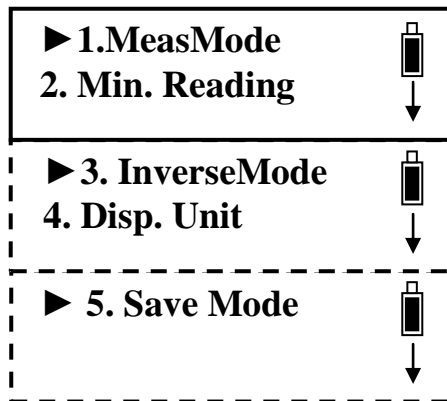


1. Meas Para – налаштування параметрів вимірювань;

2. Ins. Para - налаштування параметрів приладу.

1. MEAS PARA – НАЛАШТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИМІРЮВАНЬ

Увійшовши в Meas Para натисканням **ENT** відобразиться перша сторінка переліку налаштувань параметрів вимірювань



Кожне налаштування вибирають стрілками $\uparrow\downarrow$ на клавіатурі.

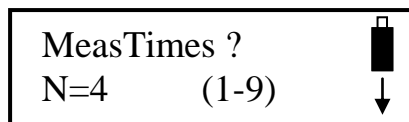
1. Meas Mode (модифікація вимірювань). Увійшовши натисканням **ENT** в цей пункт відобразиться



1. N Times – кількість відлічувань рейки.

2. Continuous – безперервні відлічування рейки.

Увійшовши в **1. N Times** відобразиться, наприклад



Meas Times ? – кількість відлічувань рейки. В даному випадку кількість відлічувань встановлено N=4. Цифровими клавішами (1-9) встановлюємо потрібну кількість відлічувань і підтверджуємо **ENT** відобразиться попередня

сторінка



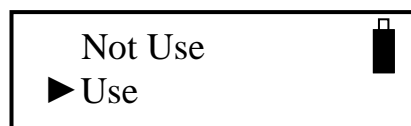
Клавішею ESC виходимо до сторінки переліку налаштувань. Якщо вибрати 2. Continuous та підтвердити ENT, то увімкнеться процес безперервного відлічування рейки. На екрані відобразиться сторінка переліку налаштувань.

2. Min. Reading (дискретність відображення відліків рейки). Увійшовши натисканням ENT в цей пункт меню відобразиться



Установлюємо стрілками \updownarrow курсор на потрібну дискретність відображення відліків рейки. Підтверджуємо вибір ENT. Відобразиться сторінка переліку налаштувань.

3. Inverse Mode (установлення відлічувань перевернутої рейки). Увійшовши в цей пункт меню відобразиться



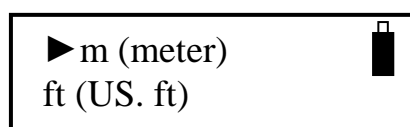
Установлюємо стрілками $\downarrow\uparrow$ курсор на потрібне положення рейки.

Not Use – не використовувати перевернуту рейку.

Use – використовувати.

Підтверджуємо вибране положення рейки ENT, відобразиться друга сторінка переліку налаштувань.

4. Disp. Unit (одиниці вимірювань). Увійшовши в цей пункт відобразиться

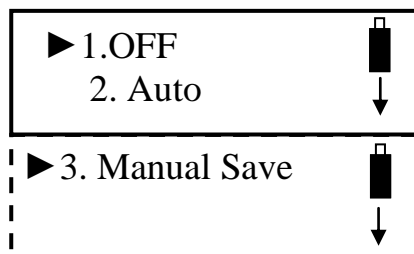


m (meter) – метри;

ft (US. ft) – фути.

Установлюємо стрілками ↑↓ курсор на потрібну одиницю вимірювань. Підтверджуємо ENT. Відобразиться друга сторінка переліку налаштувань.

5. Save Mode (зберігання вимірювань у пам'яті приладу). Увійшовши в цей пункт відобразиться

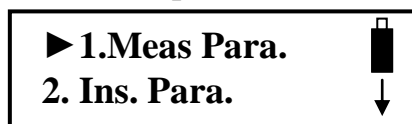


1. OFF – не зберігати в пам'яті приладу;
2. Auto – зберігати автоматично;
3. Manual Save – зберігати вручну.

Установлюємо стрілками ↓↑ курсор на потрібний пункт меню і підтверджуємо його ENT. Відобразиться третя сторінка переліку налаштувань вимірювань.

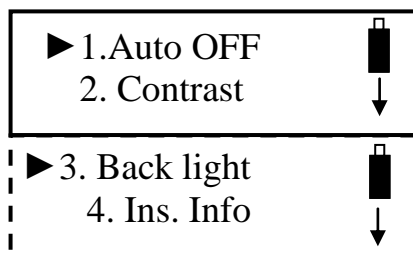


Натиснувши клавішу ESC повернемося до налаштування приладу.



2. INS. PARA - НАЛАШТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИЛАДУ.

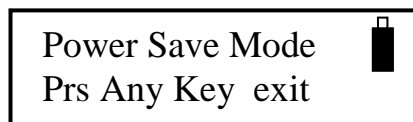
Увійшовши в **2. Ins. Para.** натисканням ENT відобразиться сторінка переліку налаштувань параметрів приладу.



1. Auto OFF (автоматичне вимкнення приладу). Увійшовши натисканням ENT в цей пункт відобразиться



Вибравши стрілками ↑↓ On та підтвердивши вибір ENT, прилад вимкнеться автоматично впродовж п'яти хвилин, якщо не натискати жодну з клавіш. Вибравши Off прилад через п'ять хвилин відобразить запит



Для продовження роботи необхідно натиснути будь-яку клавішу.

2. Contrast (контраст екрану). Вибравши стрілками ↑↓ 2. Contrast та підтвердивши ENT, відобразиться



Стрілками ↑↓ на панелі керування змінюємо контраст екрану. Можна змінювати число контрасту від 1 до 9. Підтверджуємо вибір ENT.

3. Back light (підсвічування екрану).

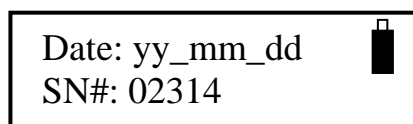
Off – вимкнено підсвічування;

On – увімкнено підсвічування.

Ця функція дублюється на панелі керування клавішею зі значком ☀.

Підтверджуємо вибір ENT.

4. Ins. Info (інформація про прилад). Увійшовши в цей пункт натисканням ENT відобразиться



Date: yy_mm_dd – дата виготовлення приладу;

SN#: 02314 – серійний номер приладу.

4. DATA MANAGE (КЕРУВАННЯ ДАНИМИ).

1. Input PN *Ввід номерів точок T (Введення назв реперів та їхніх висот)*

2. Search *Пошук*

1. InputPN *За уведеним назвами реперів*

2. StdMeasData *За назвами окремих вимірів*

3. LvMeasData *За назвою ходів*

4. GH/ HDData *За назвою задньої точки*

3. Delete Job *Видалити проєкт*

1. Input PN *За уведеним назвами реперів*

2. Std Meas Data *За назвами окремих вимірів*

3. LvMeasData *За назвою ходів*

4. GH/ HDData *За назвою задньої точки*

4. Check Capa. *Перевірка об'єму внутрішньої пам'яті*

5. File Output *Вивід файлу*

1. InputPN *За уведеним назвами реперів*

2. StdMeasData *За назвами окремих вимірів*

3. LvMeasData *За назвою ходів*

4. GH/ HDData *За назвою задньої точки*

6. Format *Форматування*

3.4 Будова, налаштування та перевірка цифрового нівеліра Leica

Sprinter 200M

Leica Sprinter 200M – високоякісний цифровий електронний нівелір розроблений та виготовлений фірмою Leica Geosystems. Основне застосування нівеліра – технічне нівелювання, нівелювання IV класу. Переваги Sprinter 200M полягають у пришвидшенні та полегшенні процесу нівелювання, яке досягається за рахунок електронного зчитування спеціальної штрих-кової рейки і відображення результатів вимірювання, обчислень та накопичених даних на дисплеї.

Технічні характеристики Leica Sprinter 200M

Середня квадратична похибка вимірювання перевищення на 1 кілометр подвійного ходу на алюмінієві рейки:	
під час електронного вимірювання на кодову сторону рейки	1,5 мм
під час оптичного вимірювання на шашкову сторону рейки	2,5 мм
Середня квадратична помилка вимірювання віддалі (під час електронного вимірювання на кодову сторону рейки)	10 мм для $d < 10$ м ($0,001 \cdot d$ м) для $d > 10$ м
Діапазон електронних вимірювань	Від 2 м до 80 м
Діапазон оптичних вимірювань	Від 0,5 м
Тривалість одноразових вимірювань	< 3 сек
Режими вимірювання	Одноразовий і слідкування Вимірювання, вимірювання та запис результатів в пам'ять нівеліра, відлічування рейки (висоти та віддалі), передача висоти з введенням RL – висоти репера, вимірювання ходу
Програми вимірювання	
Сферичний рівень	Чутливість 10'/2 мм
Компенсатор магнітний	З магнітним демпферуванням
Робочий діапазон компенсатора	10''
Точність встановлення компенсатора	0,8''
Вбудована пам'ять	500 вимірів
Скачування даних	Формат GSI через порт RS232
Живлення	Чотири батарейки або акумулятори типу AA
Збільшення зорової труби	24 ^x
Стандарт волого-пилезахисту	IP55
Вага	< 2,5 кг



Рис.3.13. Загальний вигляд і будова нівеліра Sprinter 200M

Панель керування



Рис. 3.14. Панель керування нівеліром Sprinter 200М

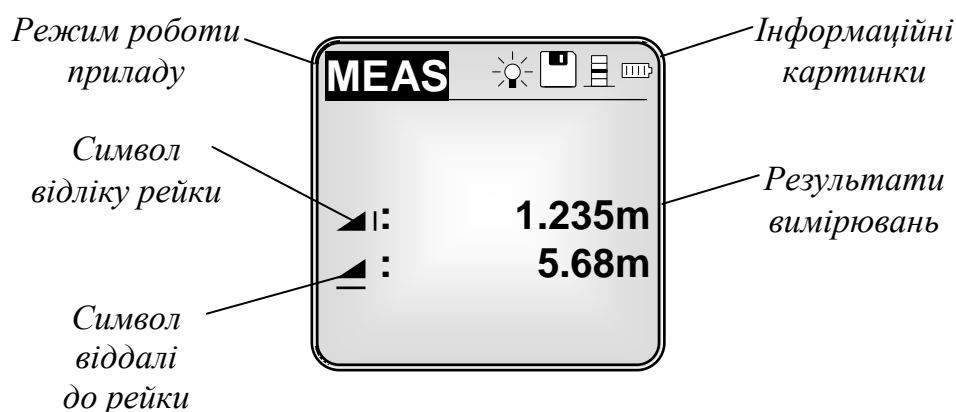


Рис. 3.15 Дисплей нівеліра Sprinter 200М.

Таблиця 3.5

Опис інформаційних картинок на дисплеї нівеліра Sprinter 200М

Інформаційні картинки	Опис
	Підсвітка дисплею ввімкнена
	Розташування рейки стандартне (нулем вниз)
	Розташування рейки обернене (нулем вверху)
	Рівень контрасту дисплею (10% на крок)
	Рівень розрядження батарей (0%, 25%, 50%, 75%, 100%)
	Під'єднання зовнішнього живлення
	Запис даних у внутрішню пам'ять нівеліра



Рис. 3.16. Клавіатура нівеліра Sprinter 200M

Таблиця 3.6

Функції клавіш керування нівеліром

№	Клавіша	Назва клавіші	1-а функція	2-а функція
1		On/Off (Вмикання та вимикання)	Вмикання та вимикання нівеліра	Немає
2		Meas (Вимірювання)	Вмикання процесу вимірювання висоти та віддалі	Утримання клавіші тривалістю 2 секунди вмикає режим безперервного вимірювання
3		Height/Distance (Відлік рейки / Віддаль)	Перемикавання режимів вимірювання	Переміщення курсору догори (в режимі Меню)
4		ΔH	Вимірювання перевищення та введення Reduced Level вихідної висоти репера	Переміщення курсору донизу (в режимі Меню)
5		Menu (Вхід в меню)	Виклик головного меню	Підтвердження вибору або дії (в режимі Меню)
6		Backlight (Підсвітка)	Вмикання освітлення дисплею	Відміна вибору або дії (в режимі Меню)

Меню нівеліра Sprinter 200M

№	Пункти ГОЛОВНОГО МЕНЮ	Підменю	Опис дій меню
1	Input PtID	Немає	Введення текстової стрічки-ідентифікатора (назв пікетів)
2	Input RL	Немає	Введення висоти вихідної точки (репера) / обчислення висот наступних точок
3	Data Manager	View (Переглянути)	Перегляд записаних даних вимірювань
		Delete (Стерти)	Видалення відмічених або всіх даних
		Download (Завантажити)	Завантаження даних із комп'ютера
4	Recording	Memory (Пам'ять нівеліра)	Вмикання запису в внутрішню пам'ять нівеліра
		Off (Вимкнути)	Вимикання запису даних
		External (Зовнішній носій)	Запис даних до зовнішнього пристрою
5	Adjustment	(Перевірка нівеліра)	Активізація режиму перевірки
6	Inverse Stuff	On (Ввімкнути Inv)	Рейка встановлена нулем вгору (нестандартне розташування)
		Off (Вимкнути Inv)	Рейка встановлена нулем вниз (стандартне розташування)
7	Contrast	10 рівнів	Встановлення контрасту дисплею. Після замовчування – 50%
8	Units	M, INT ft, US ft, Ft in 1/8in	Вибір одиниць вимірювань (метри)
9	Auto Off	On 15 min	Автоматичне вимкнення нівеліра через 15 хвилин після останнього натискання на клавішу
		Off	Вимкнення енергозберігаючого режиму
10	Rounding	Precise	Підвищена точність вимірювань: для висоти – 0,0001 м, віддалі – 0,001 м
		Standard	Стандартна точність вимірювань: для висоти – 0,001 м, віддалі – 0,01 м
11	Beep	On (Ввімкнути) Off (Вимкнути)	Звуковий сигнал під час натискання клавіш
12	RS232	Інтерфейс передачі даних	
		Baudrate	Швидкість передачі в бодах: (1200, 2400, 4800, 96200, 38400)
		Parity	Парність: None (немає), Odd (непарний), Even (парний)
		Stop Bit	Стопові біти: 1,2
		Data Bit	Біти даних: 7,8

Електроживлення нівеліра – акумулятори 4 штуки типу АА (зарядний пристрій в стандартний комплект не входить). Заборонено використовувати старі та нові акумулятори разом, і акумулятори різних виробників або різних типів.

Встановлення акумуляторів. Одночасно натисніть ручки на кришці акумуляторної коробки та витягніть її. Вставте 4 акумуляторні батареї типу АА зберігаючи полярність вказану на внутрішній стороні коробки. Встановіть коробку в акумуляторний відсік і попхайте її, доти, поки надійно зафіксуються ручки кришки у відсіку.

Підготовка нівеліра до роботи. *Встановіть штатив.* Для цього розсуньте ніжки штатива до потрібної його висоти та встановіть на землі таким чином, щоб головка штатива була приблизно горизонтальною. Почергово наступіть на підп'ятники ніжки штатива, заганяючи їх в ґрунт, щоб гарантувати надійність та стійкість встановлення штатива.


Встановіть нівелір на штативі та пригвинтіть його за допомогою станового гвинта, з'єднавши цим самим основу нівеліра з головкою штатива.


Приведіть нівелір у робочий стан. Для цього обертаючи три підймальні гвинти приведіть бульбашку сферичного рівня на середину.

Встановіть чітке зображення сітки ниток. Для цього наведіть нівелір на світлу поверхню (стіну) і обертаючи діоптрійне кільце на окулярі добийтеся чіткого зображення сітки ниток.

Наведіть нівелір на рейку. Вертикальний штрих сітки ниток повинен знаходитись на середині рейки, а зображення штрихів рейки повинні бути чіткими. Використовуйте приціл та нескінчені навідні гвинти, щоб поцілити на рейку. Чітке зображення рейки встановлюють обертаючи фокусувальний гвинт. Якщо під час незначного нахилу голови спостерігача положення сітки ниток на рейці залишається незмінним, то нівелір готовий до вимірювань. В іншому випадку потрібно виправити паралакс сітки ниток. Для цього знову добиваються чіткого зображення сітки ниток та чіткого зображення рейки. Для


електронних спостережень використовуйте тільки рейки Sprinter виготовлені в Leica Geosystems.

Вімкніть нівелір. Для цього натисніть клавішу 1 , що розташована на панелі керування нівеліром (див. рис. 3.14, 3.16).


Активізуйте Меню та перевірте або змініть параметри, режими вимірювань. Для цього натисніть клавішу 5 , та користуючись таб. 3.7 встановіть необхідні параметри.

Процеси вимірювання

Поодинокі вимірювання відліку та віддалі до рейки




Коли нівелір приведений в робочий стан, увімкнено та наведено на рейку, легко натисніть клавішу ввімкнення процесу вимірювань 2 .

Внаслідок чого на дисплеї відобразиться Meas (вимірювання) і за дві секунди появляться результати вимірювань.

Натискаючи клавішу  переключають відображення результатів вимірювання. На дисплеї буде відображено вибраний результату відліку та віддалі до рейки, або тільки відліку, або тільки віддалі.

Вимірювання відліку та віддалі до рейки методом стеження


Натисніть клавішу 2  та утримайте її протягом 2-х секунд.




Тоді на дисплеї загориться “Start Tracking” (початок спостережень). Вгорі дисплея відобразиться іконка TRK, яка вказує що увімкнувся режим стеження. Нівелір виконує вимірювання та відображає їх на дисплеї, але в пам’ять ці результати не записуються. Натиснувши одну з клавіш 2 ; 4 ; 5 , зупиніть процес стеження.





На дисплеї відобразиться повідомлення “Stop Tracking”, яке повідомляє про завершення процесу стеження. Результати останнього вимірювання будуть відображені на дисплеї.


Вимірювання перевищення, відліку та віддалі до рейки, обчислення висот


Для введення або зміни висоти вихідної точки (репера):


Ввійдіть у меню нівеліра, натиснувши клавішу 5 .

Виберіть 2-й пункт головного меню Input Reduced level (RL) натискаючи клавіші навігації 3 , 4 . Підтвердіть свій вибір натисканням клавіші 5 .


Введіть значення вихідної висоти точки (репера), натискаючи клавіші навігації 3 , 4 . Значення висоти може містити символи 0-9 та символи знаків “+”,“-”. Щоб перейти до наступного поля редагування підтвердіть вибір натисканням клавіші 5  і т.д. Для того щоб прийняти введене значення висоти натисніть клавішу 5  з пропуском в кінці числового значення.


На дисплеї відобразиться повідомлення “Change RL. Are You Sure?” (Зміна висоти RL. Ви впевнені?). Натисніть для підтвердження клавішу 5 .

Для відновлення попереднього значення натисніть клавішу 6 .

Для витирання усього існуючого поля введення – замініть перший символ введення пропуском і підтвердіть дію натиснувши клавішу 5 .


Якщо ніяке значення висоти репера не вказане, то за замовчуванням приймається нуль, тобто 0,000 м.

Вийдіть з головного меню натиснувши клавішу 6 .

Натисніть клавішу 4 , активізувавши тим самим процес вимірювання перевищення і висоти.

На дисплеї відобразиться повідомлення “Meas. Reference” із введеним значенням висоти репера.

Наведіть нівелір на штриховий бік рейки, що встановлена на репері.

Натисніть клавішу 2 Meas , та отримайте результати відліку рейки та віддалі до репера.

На дисплеї відобразиться повідомлення “Meas. Target!” – наведіть на ціль.

Наведіться нівелір на штриховий бік рейки, що встановлена на точці, висоту якої необхідно визначити.

Натисніть клавішу 2 Meas , та отримайте результати:




RL – висота точки, dH – перевищення, відліку рейки, та віддалі до репера.




УВАГА! Вимірювання до репера необхідно виконувати перед вимірюванням на іншу точку.




Якщо ж вимірювання на репер не виконувались, на дисплеї відобразиться повідомлення “No Reference Point”.



Вимірювання перевищень, висот точок із занесенням даних у пам'ять нівеліра


Активізуйте Головне меню, натиснувши для цього клавішу 5 .


Виберіть клавішами навігації 3 , 4  пункт “Recording” (Запис) і підтвердіть свій вибір клавішею 5 .



Виберіть клавішами навігації 3 , 4  пункт “Memory” (Пам'ять) і підтвердіть свій вибір клавішею 5 .





Виберіть клавішами навігації 3 , 4  в Головному меню пункт “Input PtID” для введення текстового ідентифікатора (префікса) назв пікетів і підтвердіть свій вибір клавішею 5 .


Введіть ідентифікатор (префікс) назв пікетів, натискаючи клавіші навігації 3 , 4 . Значення ідентифікатора може містити символи “a-z” ,”0-


9” та пропуск. Щоб перейти до наступного поля редагування підтвердіть вибір натисканням клавіші 5  і т.д.


Підтвердіть свій вибір префікса клавішею 5  з пропуском у кінці текстової стрічки.

Виберіть клавішами навігації 3 , 4  в Головному меню пункт “Input RL” для введення або зміни висоти вихідної точки (репера).

Введіть значення вихідної висоти точки (репера), використовуючи клавіші навігації 3 , 4 . Висота може містити символи 0-9 та символи знаків “+” “-”. Щоб перейти до наступного поля редагування підтвердіть вибір натисканням клавіші 5  і т.д. Для того щоб прийняти введене значення висоти натисніть клавішу 5  з пропуском у кінці числового значення.


Підтвердіть свій вибір префікса клавішею 5 .

Вийдіть з головного меню натискаючи клавішу 6 .

Натисніть клавішу 4 , активізувавши тим самим процес вимірювання перевищень і висоти.

На дисплеї відобразиться повідомлення “Meas. Reference” із введеним значенням висоти репера.

Наведіть нівелір на штриховий бік рейки, що встановлена на репері.

Натисніть клавішу 2 , та отримайте результати відліку рейки та віддалі до репера.

На дисплеї відобразиться повідомлення “Meas. Target!” – наведення на ціль.

Наведіть нівелір на штриховий бік рейки, що встановлена на точці, висоту якої необхідно визначити.

Натисніть клавішу 2 , та отримайте результати:

RL – висота точки, dH – перевищення, відліку рейки, та віддалі до репера.
Результати вимірювань автоматично записуються в пам'ять нівеліра.

Перевірки нівеліра

Штатив повинен забезпечувати надійне встановлення нівеліра на місцевості

Перевірка виконується за допомогою оптичного спостереження, положення точки через оптичну систему нівеліра з наданням невеликих навантажень на штатив. Положення точки повинно бути незмінним в полі зору нівеліра після зняття навантажень. Під час виявлення хитань у шарнірах штативу їх потрібно усунути підтягуванням регулювальних гвинтів.

Вісь сферичного рівня повинна бути паралельною до вертикальної осі обертання нівеліра

Приводять нівелір у робочий стан, для цього бульбашку сферичного рівня за допомогою підймальних гвинтів приводять в нуль-пункт (на середину). Повертають нівелір на 180°. Якщо бульбашка відхилилась від нуль-пункту, виправте помилку на половину відхилення до центру виправними гвинтами рівня, що знаходяться під рівнем.

Основна перевірка нівеліра

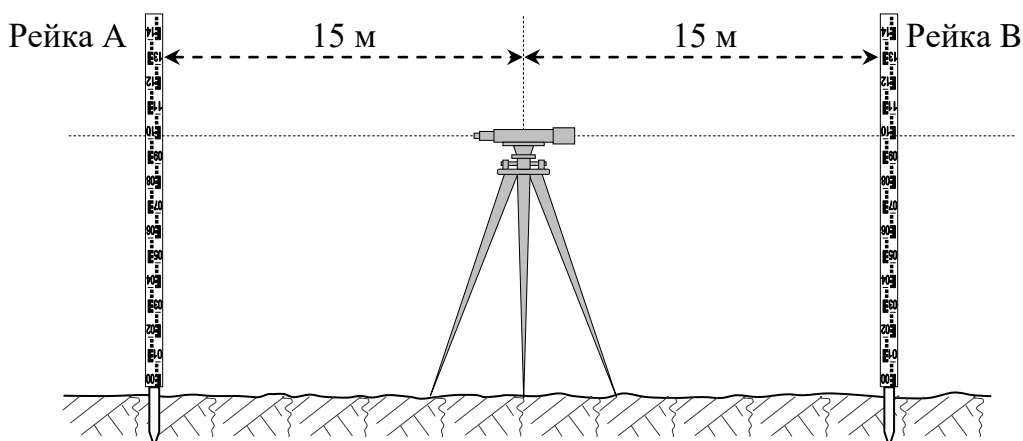
Візирна вісь нівеліра, коли він приведений в робочий стан, повинна бути горизонтальна.

Перевірка виконується подвійним нівелюванням із використанням шашкових шкал рейок, так само, як і для оптичних нівелірів з компенсатором. Якщо помилка встановлення візирної осі в горизонтальне положення перевищує 3 мм на 60 м то її виправляють шляхом встановлення правильного відліку за допомогою виправного гвинта сітки ниток, що знаходиться під окуляром, використовуючи спеціальний ключ.



Електронна візирна вісь нівеліра, коли він приведений в робочий стан, повинна бути горизонтальна.

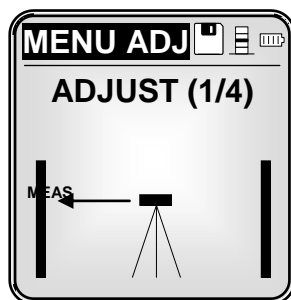
Похибка положення електронної візирної осі автоматично вводиться в результати вимірювань. Для цього необхідно її визначити та зберегти в пам'яті



нівеліра Leica Sprinter 200M. Встановіть нівелір між двома рейками А і В. Відстань між рейками повинна приблизно складати 30 м.

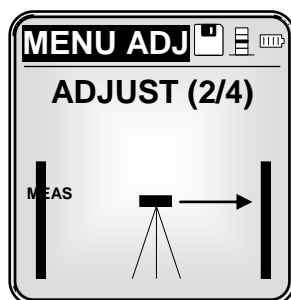


Для активізації процедури “Check & Adjust” (перевірка та виправлення) виберіть пункт меню Menu > Adjustment та на дисплеї відобразиться вікно першого кроку дій:

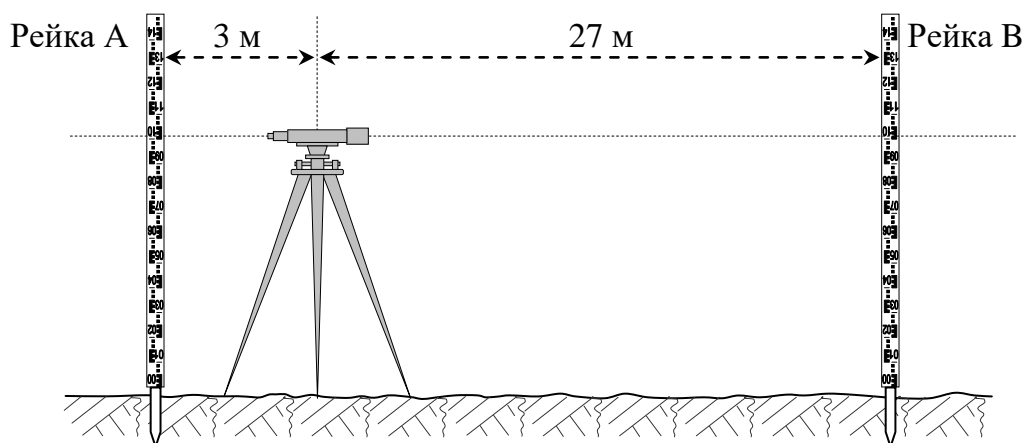
Крок 1. Наведіть нівелір на рейку А та натисніть клавішу увімкнення процесу вимірювання 2 . Далі натисніть клавішу 5  для підтвердження правильності результатів вимірювання.





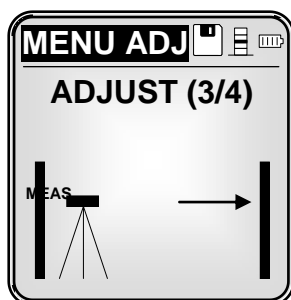
Крок 2. Наведіть нівелір на рейку В та натисніть клавішу увімкнення процесу вимірювання 2 . Далі натисніть клавішу 5  для підтвердження правильності результатів вимірювання.





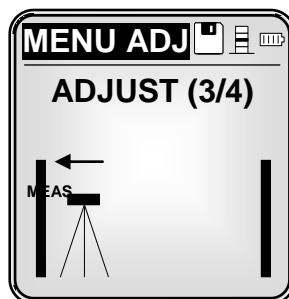
Встановіть нівелір біля рейки А на відстані приблизно 3 метри.



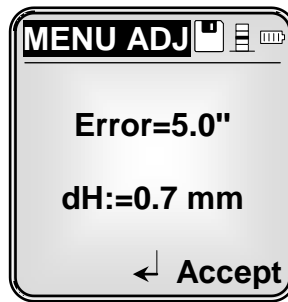
Крок 3. Наведіть нівелір на рейку В та натисніть клавішу увімкнення процесу вимірювання 2 . Далі натисніть клавішу 5  для підтвердження правильності результатів вимірювання.





Крок 4. Наведіть нівелір на рейку А та натисніть клавішу увімкнення процесу вимірювання 2 . Потім натисніть клавішу 5  для підтвердження правильності результатів вимірювання.






Нова помилка візирної осі відобразиться на дисплеї:



Введіть в пам'ять нівеліра результат виправлення помилки, натиснувши клавiшу 2 .

Коли відображення попереджувального повідомлення “Invalid Measurement” (неправильне вимірювання) для будь-якого вимірювання, продовжуйте виконувати виправлення, поки отримаєте успішне вимірювання (можливо інструмент встановлений некоректно або сприяють зовнішні умови) натисніть клавiшу 2 , щоб прийняти вимірювання.

Щоб вийти із програми виправлення ADJUSTMENT натисніть клавiшу 6  один раз, на дисплеї відобразиться попередній крок виправлення. Натисніть клавiшу 6  другий раз, на дисплеї відобразяться пункти головного меню. Натисніть клавiшу 6  третій раз, на дисплеї відобразиться режим вимірювання після замовчування.

3.5. Використання лазерних вимірювальних приладів у будівництві

Абсолютно рівний лазерний промінь з успіхом замінює звичайний схил, спиртовий рівень, металевий кутник, будівельну струну або шнур і навіть рулетку, особливо на відстанях до 200 метрів. Наскільки простіше і точніше зводити стіну, колону, встановлювати дверну коробку або вікно, коли наочно можна контролювати відхилення від вертикалі за допомогою проходить по ним червоної лінії лазерного променя, точно прив'язаного до вертикалі, і за допомогою лазерної рулетки, що дозволяє заміряти відстані і до недоступних

ділянок. ЛП дозволяють швидко і зі зручністю перевіряти горизонтальність і загальний рівень фундаменту, проектувати ухил водопровідної труби або зливу, планувати ухили земельної ділянки, монтувати паркан і сайдинг, контролювати кладку цегли і плитки, виробляти розмітку маяків для монтажу стель і заливки статі, монтувати телескопічні ворота і покрівлю, допомагати всім без винятку робити свою роботу ефективною.

Багатопроменевий лазерний інструмент. З назви цієї групи лазерних розбудовників зрозуміло, що дані прилади проектують на поверхню лазерні точки і призначені для розмітки отворів знаходяться перпендикулярно один одному відразу на декількох поверхнях. У самих просунутих моделях цього типу використовується система п'яти точок (рис. 3.17): два вертикальні вгору і вниз від приладу, два горизонтальних праворуч і ліворуч і один прямо перед приладом, що дозволяє розмітити будь-яку каркасну конструкцію, розташовану праворуч, ліворуч, зверху, знизу і перед приладом.



Рисунок 3.17 - Лазерний будівник точок Leica Lino P5

Leica Lino P5 – точковий лазерний рівень (нівелір) для внутрішніх робіт. Червоний промінь, 5 яскравих лазерних точок. Ступінь захисту: IP54. Надійний

будівник точок для різних ремонтних робіт. Комплект поставки: Leica P5, TWIST 360, батареї, лоток для лужних батарей, візирна пластина, футляр.

Пальму першості серед ЛП для обробки займають прилади, що дозволяють побудувати різні варіанти пересічних горизонтальних і вертикальних променів під кутом 90° . Найпростіше перетин вертикальній і горизонтальній площині утворює на робочій поверхні "лазерний хрест" двома червоними проекціями ліній. Кожна модель може побудувати:

- Від однієї, до чотирьох вертикальних ліній (для проекції площин відразу на 4 стіни кімнати);
- Одну горизонтальну лінію з розгорткою до 360° (щоб на стіні замкнути проекцію лінії по горизонту і перетнути його з вертикальними проекціями);
- Проекцію точки вгору на стелю (верхній лазерний схил);
- Проекцію точки вниз на підлогу (нижній лазерний схил).

Позиційний нівелір. Сам принцип дії нівеліра дуже простий. Всередину приладу вбудований світлодіод. Він випромінює світловий потік, який фокусується за допомогою призми або лінзи. Завдяки цьому на навколишніх предметах з'являється точка або лазерна лінія.

На вулиці використовувати цей інструмент не дуже зручно, так як при сонячному світлі промені лазера видно погано. Але якщо все-таки є така необхідність, то можна використовувати приймач лазерного випромінювання, він повинен входити в комплект разом з будівником площин.

Перш ніж почати роботу, необхідно подбати про те, щоб прилад був забезпечений харчуванням. Це можна зробити або за допомогою акумуляторів або за допомогою батарейок. Завчасно варто перевірити заряд акумуляторів, і якщо він незадовільний, його варто зарядити.

У деяких приладах є можливість робити налаштування променя. Від обраного типу може залежати, наскільки швидко розрядиться акумулятор.

Купуючи прилад, потрібно подивіться, чи немає в комплекті захисних окулярів, якщо вони не надані, значить, варто їх придбати окремо. Це дуже важливо, так як зір - важливий орган, а лазерний промінь може негативно на

нього вплинути. Щоб почати роботу з приладом, уважно прочитайте інструкцію, яка до нього додається. Наступним етапом є установка приладу. Лазерні нівеліри встановлюються: 1) на стіну; 2) штатив; 3) на підлогу; 4) на стелю.

Для вибору найбільш зручного місця, потрібно трохи поекспериментувати. Якщо ви використовуєте лазерний будівник площин для вирівнювання стін, підлоги, якихось предметів або стелі, потрібно проконтролювати, щоб прилад був встановлен горизонтально. Це робиться за допомогою вбудованого рівня або використовуючи його окремо.

На рисунку 3.18 показано склад самовирівнюючого лазерного нівеліру фірми CrossLiner.

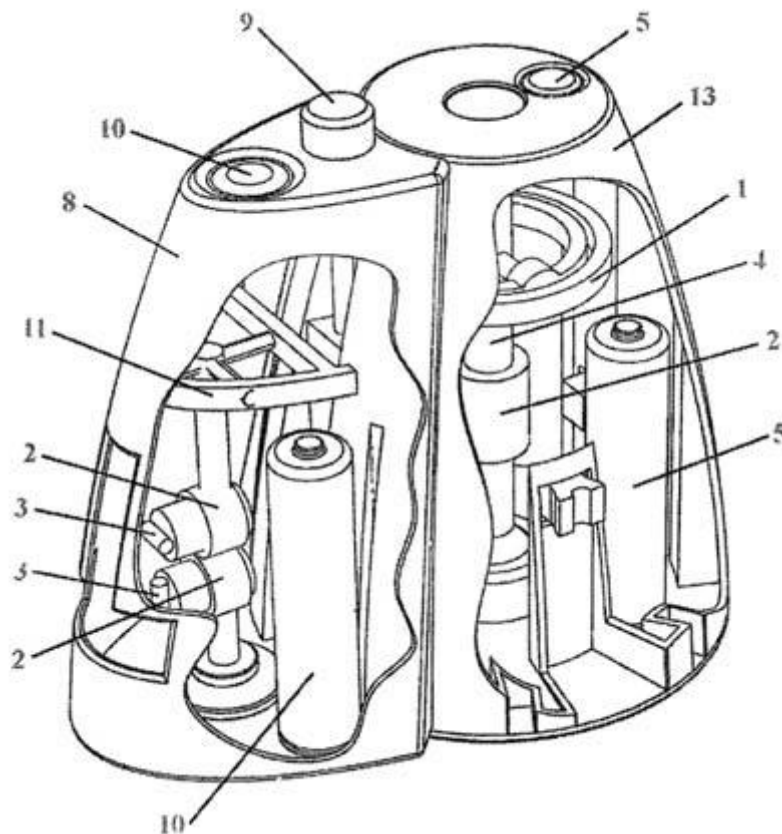


Рисунок 3.4 – Склад самовирівнюючого лазерного нівеліру CrossLiner

Лазерний нівелір містить платформу 1 з встановленими на ній джерелами 2 лазерного випромінювання, призми 3 розкладання променів лазера у площину і лазерним схилом 4; систему 5 живлення і керування; вузол 6 кріплення на штатив, через центр якого проходить оптична вісь лазерного схилу 4; 2 джерела лазерного випромінювання, призми 3 розкладання променів лазера в площину виділені в, щонайменше, один випромінюючий модуль 7,

додаткова система 10 живлення і управління, додаткова самовирівнююча платформа 11 для встановлення джерел 2 лазерного випромінювання і призми 3 розкладання променів лазера в площину, а лазерний схил 4 з самовирівнювальною платформою 1, система 5 живлення і управління та вузол 6 кріплення на штатив виділені в кріпильний модуль 12, з корпусом 13, причому корпус 8, щонайменше, одного випромінюючого модуля 7 і корпус 13 кріпильного модуля 12 виконані з можливістю з'єднання випромінюючого модуля 7 з кріпильним модулем 12 і з можливістю з'єднання з принаймні одним додатковим випромінюючим модулем.

Далі важливо правильно налаштувати цей будівельний інструмент. Для кожної моделі можуть бути свої налаштування, тому про цей пункт варто почитати в інструкції. Зазвичай в налаштування входить:

- вибір проектного променя;
- функції виключення або включення лазерних точок;
- частота обертання лазерного променя;
- налаштування кута сканування.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ЕЛЕКТРОННИМИ ПРИЛАДАМИ

- Нехтування інструкцією може призвести до серйозних травм або, навіть, смерті.
- Будьте обережні під час експлуатації приладу з рейками поблизу проводів високої напруги або підстанцій. Як електропровідник, рейка несе небезпеку електричного удару.
 - Вийміть батарею, якщо довго не використовуватимете прилад.
 - Використовувати прилад у вогнебезпечних приміщеннях.
 - Використовуйте прилад лише за призначенням згідно з інструкцією.
 - Встановлювати нівелір на штативі можна, лише надійно прикрутивши підставку нівеліра до головки штатива скріплювальним гвинтом.
 - Заборонено: використовувати несправні штекери і пошкоджені кабелі.
 - Заборонено: використовувати прилад, якщо він вологий і не замінюйте в цьому випадку батарею.

- Заборонено: робота біля електроенергетичних об'єктів (залізниць, повітряних ліній електропередач, трансформаторних станцій тощо) є небезпечна для вашого життя. Цей ризик не залежить від матеріалу рейки (алюміній чи деревина). Тому необхідно ознайомитись з технікою безпеки роботи на цих об'єктах.

- Міцно встановлюйте ніжки штатива, щоб запобігти падінню приладу від необережного руху або сильного вітру.

- Не використовуйте вологі батареї та вологий зарядний пристрій.

- Не використовуйте зарядні пристрої і батареї виготовлені іншими виробниками.

- Не використовуйте пошкоджені джерела живлення, кабелі і розніми.

- Не використовуйте прилад в місцях скупчення легко займистих газів, рідин, тощо, щоб уникнути вибуху.

- Не користуйтеся рейкою в грозу, щоб уникнути удару електричним струмом. Не користуйтеся приладом у дощову погоду. Під час перерви між спостереженнями витріть нівелір насухо і накрийте захисним чохлом.

- Не розбирайте і не ремонтуйте самостійно прилад, щоб уникнути можливих травм: опіків, електрошоку, поранень. Демонтаж і технічне обслуговування має виконувати тільки виробник, або представник служби технічної підтримки.

- Не торкайтеся до батареї, в разі її протікання, інакше можна отримати хімічний опік.

- Нічим не накривайте зарядний пристрій, під час заряджання батареї.

- Перед кожним використанням приладу виконайте перевірку сферичного рівня. Після довгого транспортування, падіння або будь-яких механічних пошкоджень (ударів) переконайтесь, що прилад знаходиться в належному робочому стані.

- Під час приєднання або від'єднання кабелю або вилки живлення зарядного пристрою мокрими руками Ви ризикуєте отримати удар струмом.

- Спрямування приладу на сонце може серйозно пошкодити ваші очі.
- У процесі нівелювання дотримуйтеся правил дорожнього руху.
- Уникайте короткого замикання під час зберігання батарей.

Питання для самоконтролю

1. Будова нівелірної рейки.
2. Величини виміру віддалей.
3. Відображувані символи на дисплеї нівеліра.
4. Діапазон вимірювання віддалі електронним нівеліром Leica Sprinter 200M з інварними кодовими рейками.
5. Для якого класу нівелювання можна використовувати електронний нівелір Leica Sprinter 200M
6. Клавiша введення результатів.
7. Панель керування приладом?
8. Повернення на попередню сторiнку.
9. Поясніть склад самовирiвнюючого лазерного нiвелiру?
- 10.Режими вимірювання віддалі до рейки.
- 11.Режими вимірювання відліків на рейку.
- 12.Скасування введених даних.
- 13.Точність вимірювання віддалі електронним нівеліром Leica Sprinter 200M з інварними кодовими рейками.
- 14.Функціональні клавiшi.
- 15.Що входить у комплект нiвелiра Leica Sprinter 200M?
- 16.Як ввiмкнути та вимкнути прилад?
- 17.Як користуватися зарядним пристроєм?
- 18.Як увiмкнути пiдсвiтку?
- 19.Яка мiнiмальна вiддаль фокусування нiвелiра Leica Sprinter 200M?
- 20.Яке збiльшення зорової труби нiвелiра Leica Sprinter 200M?
- 21.Який пункт головного меню забезпечує вибiр одиниць вимiрювання; кiлькiсть значущих цифр пiсля коми у вимiрюваних величинах; спосiб

вимкнення приладу, наявність акустичного сигналу; вибір мови, на якій висвітлюється інформація на дисплеї?

22. Який тип компенсатора застосовується в нівелірі Leica Sprinter 200M?

23. Які лазерні вимірювальні прилади використовуються у будівництві?

24. Які одиниці вимірювання в нівелірі?

Розділ 4

ЕЛЕКТРОННІ ТЕОДОЛІТИ. ЕЛЕКТРОННІ ТАХЕОМЕТРИ

4.1. Класифікація теодолітів та тахеометрів

Теодоліти призначені для вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів. До теодолітів ставлять такі вимоги:

- стабільність заданих результатів вимірювань;
- надійність;
- уніфікація вузлів та деталей;
- можливість оснащення різними приладдями, що надають теодоліту додаткові функції;
- можливість роботи в різних кліматичних умовах.

Першим кутомірним приладом вважається астролябія винайдена Гіппархом (180-125 р. до Р.Х.). Вперше термін *theodolite*, вжив англієць Леонард Дігс (1510-1552 р.). Перший теодоліт технічної точності сконструював 1730 р. англієць Джон Сіссон.

За конструктивними особливостями теодоліти поділяють на прості та повторювальні; механічні, оптичні та електронні (Е); без рівня та з рівнем при алідаді вертикального круга, з компенсатором відліків вертикального круга (К); автоколімаційні (А).

За призначенням – астрономічні, геодезичні, маркшейдерські (М).

За точністю теодоліти поділяють на високоточні, точні та технічні.

Простим називають теодоліт, у якого тільки алідадна частина має свої закріплювальні та навідні гвинти. Горизонтальний круг не має закріплювального та навідного гвинтів, але обертати його навколо своєї осі можна, зазвичай, за допомогою гвинта переставлення горизонтального круга.

Повторювальним називають такий теодоліт, у якого і алідадна частина і горизонтальний круг можуть незалежно обертатися навколо своїх осей і мають свої закріплювальні та навідні гвинти.

Механічні теодоліти мають металеві відлікові круги, оптичні – скляні. В електронних теодолітах використовують, як круги, кодові диски.

Механічні теодоліти вже не виготовляють, а оптичні теодоліти, останнім часом замінюють електронними теодолітами, у яких скляні круги із градусними поділками замінюють також скляними кругами, але з умовними позначками. Ці умовні позначки дають можливість автоматизувати процес вимірювання. Існує три системи автоматизації відліків: кодова, імпульсна, динамічна. У названих системах відліки кругів в градусах (або в гонах) відображаються на дисплеї теодолітів або тахеометрів.

У відповідності з ДЕСТУ, теодоліти за точністю класифікують на:

1. високоточні – Т 02, Т 05, Т 1 та багато інших;
2. точні – Т2, Т5;
3. технічні Т 30, Т 60.

Тут подані тільки теодоліти, найбільш поширені на виробництві. У загальному середня квадратична *приладова похибка* m_{β} вимірювання горизонтального кута одним прийомом теодолітами дорівнює: високоточними – $m_{\beta} \leq 1''$; точними – $m_{\beta} \leq 10''$ і технічними – $m_{\beta} > 10''$.

Основним удосконаленням традиційних теодолітів є випуск їх з компенсатором замість рівня при алідаді вертикального круга. Коли в приладі є компенсатор, тоді до його назви додають букву "К". Наприклад: Т5К. Загальна тенденція – випуск електронних теодолітів. Наприклад, ТЕ2К – теодоліт електронний з компенсатором вертикального круга $m_{\beta} \leq 2''$.

Ще на початку ХХ століття теодоліти виготовляли тільки з горизонтальними кругами, оскільки вони призначалися для вимірювання горизонтальних кутів. З розвитком геодезичного приладобудування відбувалась універсалізація теодолітів. У наш час вже не виготовляють теодоліти без вертикальних кругів. Таким чином, теодоліти перетворились в тахеометри, якими можна вимірювати горизонтальні та вертикальні кути, а також віддалі, спочатку нахилені, за допомогою ниткових віддалемірів, пізніше – їхні горизонтальні проєкції – особливими номограмами.

У наш час випускають теодоліти обов'язково з вертикальними кругами не тільки оптичні, але й електронні, які автоматично відображають на дисплеї відліки кругів. Ці теодоліти ще називають *цифровими*. В деякі теодоліти (фактично тахеометри) вмонтовані лазери для створних спостережень та лазерні виски для центрування. Такі прилади продовжують називати теодолітами. Після заміни в теодолітах оптичних віддалемірів електронними світловіддалемірами, назву приладу “теодоліт” змінюють на “електронний тахеометр”.

За типом далекоміра та способом реєстрації результатів вимірювань, тахеометри поділяються на:

- Оптико-механічні;
- Електронно-оптичні;
- Електронні;
- Реєструвальні.

В останніх вся інформація автоматично записується на носій. Вони широко застосовуються для виконання зйомок місцевості. В загальній системі автоматичного складання топографічних карт реєструвальні тахеометри є першою ланкою.

За типом далекоміра тахеометри поділяються на:

- Звичайні (ті, для вимірювання відстаней з якими використовуються спеціальні відбивачі: призмові або плівкові);
- Безвідбивні (ті, що здатні виконувати вимірювання на точки, розташовані на будь-якій твердій поверхні об'єктів знімання).

Більшість сучасних тахеометрів є безвідбивачевими. За типом механізму обертання електронні тахеометри поділяються на **механічні** та **сервопривідні**.

Механічні тахеометри, при роботі з якими геодезист наводить зорову трубу на ціль вручну, за допомогою навідних гвинтів, відрізняються більшою простотою в роботі та меншою вартістю. В сервопривідних моделях обертання аліади та зорової труби тахеометра виконують допоміжні механізми (сервоприводи), завдяки чому підвищується продуктивність праці, бо оператор

може керувати приладом дистанційно, знаходячись з боку віхи на значній віддалі [25].

Діапазон вимірювання віддалей залежить від режиму роботи тахеометра: **відбивний** та **безвідбивний**. Дальність вимірювань при безвідбивному режимі прямо залежить від відбивних властивостей поверхні, на яку проводиться вимірювання. Для світлої гладкої поверхні (штукатурка, кахельна плитка тощо) вона в кілька разів перевищує максимально можливу відстань, виміряну на темній поверхні. Максимальна дальність лінійних вимірювань для режиму з відбивачем (призмою) - до п'яти кілометрів (при декількох призмах - ще далі); для безвідбивного режиму - до одного кілометра. Моделі тахеометрів, які мають безвідбивний режим, можуть вимірювати відстані практично до будь-якої поверхні, однак слід з обережністю ставитися до результатів вимірювань, проведених крізь гілки, листя і подібні перешкоди, оскільки невідомо, від чого саме відіб'ється промінь, і, відповідно, відстань до чого він виміряв. Існують моделі тахеометрів, з далекоміром поєднаним з системою фокусування зорової труби. Переваги таких приладів в тому, що вимірювання віддалей виробляється саме на той об'єкт, по якому в цей час виставлена зорова труба приладу.

Точність кутових вимірів сучасним тахеометром досягає половини кутової секунди ($0^{\circ}00'00,5''$), відстаней - до 0.5 (1) мм + 1 мм на км (наприклад, в тахеометрах серії NET05 від фірми SOKKIA або Trimble S8-0.5R). Точність лінійних вимірювань в безвідбивному режимі – до 1 мм + 1 мм на км.

Більшість сучасних тахеометрів обладнані обчислювальним і запам'ятовуючим пристроями, що дозволяють зберігати виміряні або проектні дані, обчислювати координати точок, недоступних для прямих вимірювань, за непрямыми спостереженнями, і т. д. Деякі моделі оснащені GPS-приймачем (наприклад, Leica Smart Station). Крім того, в нових серіях тахеометрів Viva TS представлені моделі з вбудованою ширококутною 5-мегапіксельною камерою. З її допомогою можна отримати і вивести на VGA-екран тахеометра панорамні зображення об'єкта для швидкого наведення на точку. Камера здатна робити знімки з чотирикратним наближенням, завдяки чому користувач отримує

детальні зображення об'єкта. Кожен знімок може бути прив'язаний до однієї з вимірних точок. Таким чином, в ході тахеометричного знімання ведеться додаткова документація у вигляді фотозображень з робочими позначками.

Теодоліти та тахеометри, у яких під час вимірювання обертаються круги (які мають динамічні системи відліків) називають моторизованими – (М). Крім того, виготовляють також тахеометри з автоматичним наведенням візирної осі на ціль. Наприклад, TSA – 1000 (L) (тотальна станція з автоматичним наведенням та лазером (L), серії 1000). Серія Leica Viva TS11 об'єднала в собі кілька модифікацій тахеометрів з інтегрованою ширококутною камерою і кутовою точністю вимірювань від 5 "до 1". Leica Viva TS11 - найбільш просунутий немоторизований тахеометр з новою функцією формування зображень на дисплеї тахеометра за допомогою камери високої роздільної здатності та простого у використанні вбудованого ПЗ Leica SmartWorx Viva.

4.2. Принцип роботи автоматичних систем відліків електронних теодолітів та тахеометрів.

У електронних теодолітах замінюють горизонтальні та вертикальні круги (лімби) – скляні круги із градусними поділками, на такі ж скляні круги (диски), але з нанесеними умовними позначками, що створюють доріжки прозорих і непрозорих полів. Ці умовні позначки дають можливість автоматизувати процес вимірювання. Існує три системи автоматизації відліків: кодова, імпульсна, динамічна. У названих системах відліки кругів в градусах (або в гонах) відображаються на дисплеї теодолітів або тахеометрів.

Такі диски з умовними позначками розташовуються між джерелом світла та фотодетектором. Фотодетектор працює як ФЕП (фотоелектронний помножувач – перетворює світловий сигнал в електричний струм). Диски виконують роль модуляторів світла. Після проходження дисків (із прозорими та непрозорими частинками) світло, що потрапляє на фотодетектори, буде модульованим. Зняті з фотодетектора електричні імпульси, збуджені

модульованими світловими променями, дозволяють встановити значення відліку, відобразити його на електронному дисплеї, автоматично зареєструвати цей відлік в електронній пам'яті теодоліта, або переслати його до комп'ютера, що співпрацює з електронним теодолітом, для виконання подальших обчислень. Такий прилад названо *електронним теодолітом*. Електронний теодоліт відрізняється від електронного тахеометра перш за все тим, що не має електронно-оптичного віддалеміра [27].

За останні роки створено три системи автоматичного відлічування електронних теодолітів: *кодові, імпульсні та динамічні*. Всі ці системи відлічувань базуються на загальному принципі: автоматизованому підрахунку світлових (електричних) імпульсів за допомогою мікропроцесорів і перетворенню імпульсів на відлік у числовому вигляді.

Проста ілюстрація кодової системи відлічування показана на рис. 4.1. На рисунку зображено кодовий диск з концентрично нанесеними доріжками – коду двійкової системи відлічування. Двійкові цифри 0 і 1 можна просто реалізувати фізично: темно – ясно, напруга є – немає, реле увімкнено – вимкнено. Нажаль, двійковий код вимагає від ЕОМ ємністю у 3,3 рази більшої, ніж десятичний код. Тому інколи застосовують двійково-десятичні та інші коди. Доріжки відраховують від центра круга. Перша складається із двох полів: затемненого й світлого півкола, а в кожній наступній – кількість полів подвоюється, по чергово наносяться прозорі й непрозорі поля.

На рис. 4.1 показано три доріжки. Остання має: $2^3 = 8$ полів. У практиці може бути, наприклад, дванадцять доріжок. Тоді остання доріжка буде мати: $2^{12} = 4096$ інтервалів.

Зауважимо, якщо необхідно визначити розташування алідади з точністю 1 сс (для градусних поділок: круг поділено на 400 g; 1 g = 100 с; 1с = 100 сс, тоді на крузі радіусом $r = 60$ мм потрібно було б мати дуги a , розміром:

$$a = \frac{2\pi r}{400 \cdot 100 \cdot 100} = \frac{6,28 \cdot 60 \text{ мм}}{400 \cdot 100 \cdot 100} = 0,0000942 \text{ мм.} \quad (4.1)$$

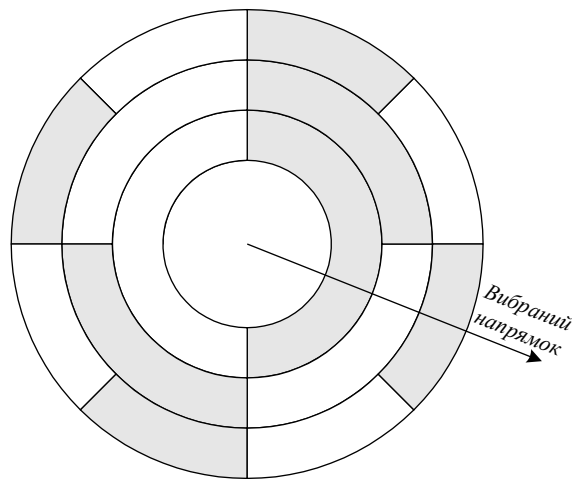


Рис. 4.1. Вид диска зверху.

Отже, закодувати повністю відлік неможливо. Найменшою величиною, що ще кодується буде 0,1 g. Тоді дуги a будуть 0,094 мм, приблизно $a \approx 0,1$ мм. Для визначення частини поділки, меншої 0,1 g необхідно якесь інше рішення.

Не вдаючись у подробиці цього важливого питання, скажемо тільки, що поки використовують аналогову (безперервну) систему, яка в першому наближенні відповідає способу відлічування секунд у класичних теодолітах, тобто частини, менші одного інтервалу оцінюють окремо. А саме, уточнення відліку (напрямку) виконують електронною інтерполяцією відрізка: від останньої дециgradoвої поділки (0,1 g) до індексу. Точність інтерполяції має бути 0,0001 g, тоді точність відлічування буде 1 сс. Якщо виконавця задовольняє відлік 10 сс, тоді достатня інтерполяція 0,001 g.

Перейдемо до принципової суті *кодової* системи відліку, яка відображена на рис. 4.2. Над скляним диском розташовано джерело світла. Промені світла, пройшовши щілинну заслінку, перетворюються у “площину світла”, спрямовану паралельно осі обертання теодоліта. Промені “площини світла”, пройшовши кодовий диск, потрапляють на фотодетектор FD. Промінь, який пройшов через прозоре поле кодового диска, збуджує у діодах фотодетектора сигнал, що відповідає двійковій цифрі – 0, а відсутність такого сигналу дає цифру 1. Таким чином, відповідно з рис. 4.1 (три доріжки), фотодетектор подає відлік 101. Потім цифрові відліки поступають на мікропроцесор МР, який відображає їх на дисплеї.

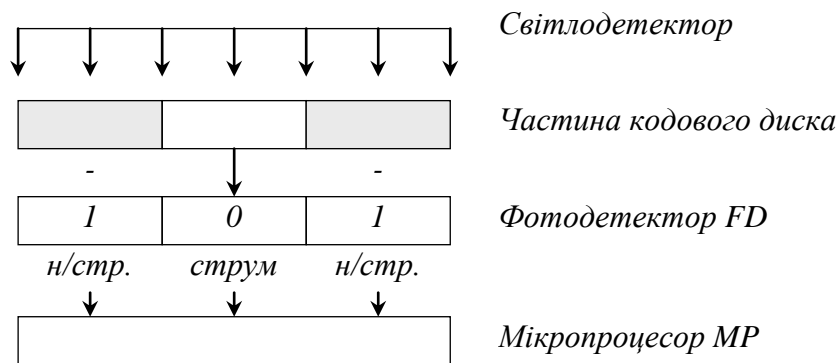


Рис. 4.2. Переріз диска за вибраним напрямком.

Далі розглянемо *імпульсний* принцип автоматизації відліку кодового диска. Принцип зчитування (відліку) за допомогою імпульсних систем, заснований на тому, що деякий постійний кут повороту алідади прирівнюють до одного імпульсу. Це означає, що будь-яка зміна в розташуванні алідади може бути прирівняна певній кількості імпульсів. Якщо N – кількість імпульсів, що подаються за одним повним обертом круга, розділеного на 400 г, тоді одному імпульсу буде відповідати кут C , названий *квантом* і який дорівнює:

$$C = \frac{400g}{N}. \quad (4.2)$$

Один прозорий і сусідній непрозорий штрих диска утворюють один квант кута. Доріжку прозорих та непрозорих штрихів називають *растром*. Ціна елемента квантування c для $N = 4000$ буде $0,1$ г ($0,1$ гради), тобто: $C = 0,1$ г. Лічильник рахує кількість імпульсів L , які виникли під час обертання круга від одного напрямку до другого. Тоді кут буде:

$$\alpha = C \cdot L. \quad (4.3)$$

Знайдемо необхідну кількість імпульсів за бажанням отримати відліки з точністю 1 сс (однієї градової секунди). Розв'яжемо (4.2) відносно N , знайдемо:

$$N = \frac{400g \cdot 100 \cdot 100}{1cc} = 4 \cdot 10^6$$

Як ми вже знаємо, таку кількість імпульсів отримати на крузі радіусом 60 мм, або дещо більшому – неможливо. Кількість імпульсів можна зменшити

певними конструктивними рішеннями. Таким чином, кількісне значення кута буде визначено, якщо підрахувати кількість поданих імпульсів, що відповідають зміні розташування візирної осі труби, скріпленої з алідадою під час візування (наведення труби) за напрямками, що створюють цей кут. Частота імпульсів (не кількість) буде змінною величиною, залежною від швидкості обертання алідади виконавцем.

Використовуються світлові імпульси, які перетворюються в електричні, або в імпульси, викликані електричною індукцією. Тому можна говорити про *фотоелектричні* та *електроіндуктивні* (індуктивні) імпульсні методи.

Покажемо використання *фотоелектричних* імпульсів. В імпульсному методі ядром приладу також є скляний круг (лімб), (рис. 4.3), що має одну доріжку рисок. Ширина рисок така сама, як і проміжків, що їх розділяють. Цей круг називають вимірювальним (вимірювальною сіткою). Напроти цієї сітки (шкали), на можливо найкоротшій віддалі від неї, розташована зчитувальна (відлікова) сітка M , яку називають маскою. Риски та проміжки цієї сітки (маски) такі самі, як і у вимірювальної сітки. Риски та проміжки маски створюють ряд прозорих та непрозорих полів.

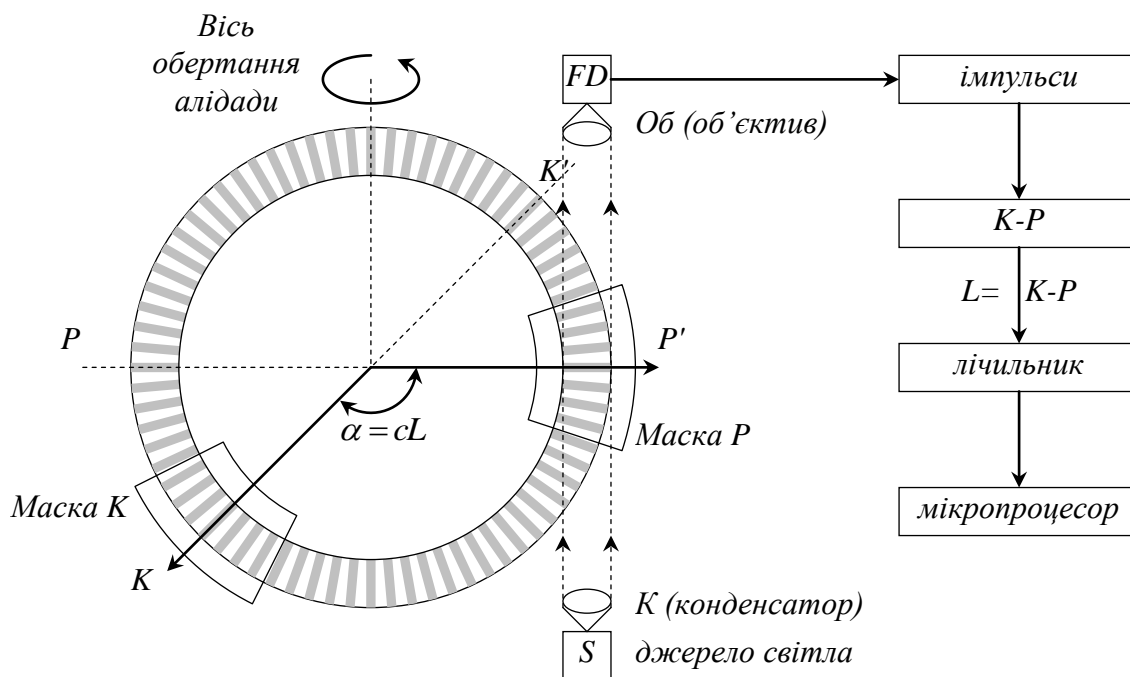


Рис. 4.3. Принципова схема імпульсної системи автоматизації відліків.

Світло від джерела S (люмінесцентного діода) перетворюється конденсатором K , у паралельний пучок, проходить вимірювальну, а потім зчитувальну (відлікову) сітку. Скерований об'єктивом $Об$, він попадає на фотодіод FD . Якщо зчитувальна сітка під час вимірювання рухається відносно вимірювальної, тоді світловий потік, який попадає на фотодіод, буде коливатися між певними максимальною та мінімальною величинами. Найбільший потік попадає на фотодіод тоді, коли риски обох сіток будуть перекриватися, а найменший (теоретично – нульовий), коли проміжки вимірювальної сітки будуть закриті рисками зчитувальної сітки. Під час повороту візирної осі (алідади) з напрямку K на напрямок P , певна кількість імпульсів світла попаде на фотодіод. Електричний струм, збуджений імпульсами світла у фотодіоді, буде мати майже синусний вигляд.

Синусоїдний струм, за допомогою тригерного та диференційного електричних ланок (на рис. не показані), перетворюється спочатку в прямокутні сигнали, потім в імпульсні, які підраховуються лічильником, а мікропроцесором перетворюються на цифрові відліки. Така принципова схема імпульсної системи відліків. Така проста система на жаль, не дозволяє розрізняти напрямки руху алідади. Тому цю систему ускладнюють, використовують дві маски та два діоди. Однак, це не змінює суті методу.

Тепер зупинимося на *динамічних* системах автоматизації відліків. Мірою кутів може виступати час t , якщо сконструювати пристрій, який буде обертатися строго рівномірно й будуть з високою точністю відомі частота f чи період обертання T . Тоді можна знайти цей кут, визначивши відрізок часу t проходження деякою точкою або рискою на крузі дуги між відповідними напрямками, що створюють цей кут α на основі відношення:

$$\alpha = \omega \cdot t, \quad (4.4)$$

де ω – кутова швидкість обертання.

Оскільки кутова швидкість ω дорівнює:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad (4.5)$$

тоді:

$$\alpha = \frac{2\pi}{T} t . \quad (4.6)$$

Нехай відома кількість обертів круга за хвилину n . Тоді період обертання T в секундах або частота, знайдеться за формулою:

$$\frac{60_{сек}}{n_{оберт}} = \frac{T_{сек}}{1_{оберт}}; \quad T = \frac{60}{n} = \frac{1}{f}; \quad (4.7)$$

Підставивши значення T з (4.7) у рівняння (4.6), отримаємо:

$$\alpha = 2\pi \frac{n}{60} t . \quad (4.8)$$

Оскільки $2\pi \frac{n}{60} = const = c$, тоді:

$$\alpha = ct . \quad (4.9)$$

Як бачимо, дійсно, мірою кута може виступати час. Тому динамічний метод може ще бути названий *часовим*.

Розглянутий вище імпульсний метод також є динамічним, але в імпульсному методі, обертання круга не обов'язково мають бути рівномірними. У даному випадку динамічний метод вимагає строго рівномірних обертань круга з постійною частотою. Такий метод базується на застосуванні імпульсного диска (лімба), тобто такого ж диска, як і для імпульсного методу та чотирьох зчитувальних фотоелектричних пристроїв, які під час вимірювання розташовують у площинах P_iP' та K_iK' (рис. 4.4) два з них P та K , створюють кут α . Перед вимірюваннями, круг (горизонтальний та вертикальний) приводять в обертовий рух навколо своєї осі зі сталою частотою f , контрольованою мікропроцесором. Доріжка диска f , пересуваючись під щілинами масок M_p і M_s зчитувачів P і K , виконує функції модулятора світла та створює дві смужки світлових сигналів в інтервалах, що відповідають розташуванню зчитувачів над доріжкою диска.

Світлові сигнали над напрямками P і K та збуджені ними електричні імпульси приходять у мікропроцесор MP неодноразомно. Ця неодноразомність трансформується лічильниками та MP у міру кута t та числове значення кута

α . За даними зчитувачів P та K отримують приблизне (грубе) значення кута (як функцію часу t). Потім, використовуючи дані всіх чотирьох зчитувачів P , K , P' , K' отримують точне значення кута α . Весь процес автоматизований.

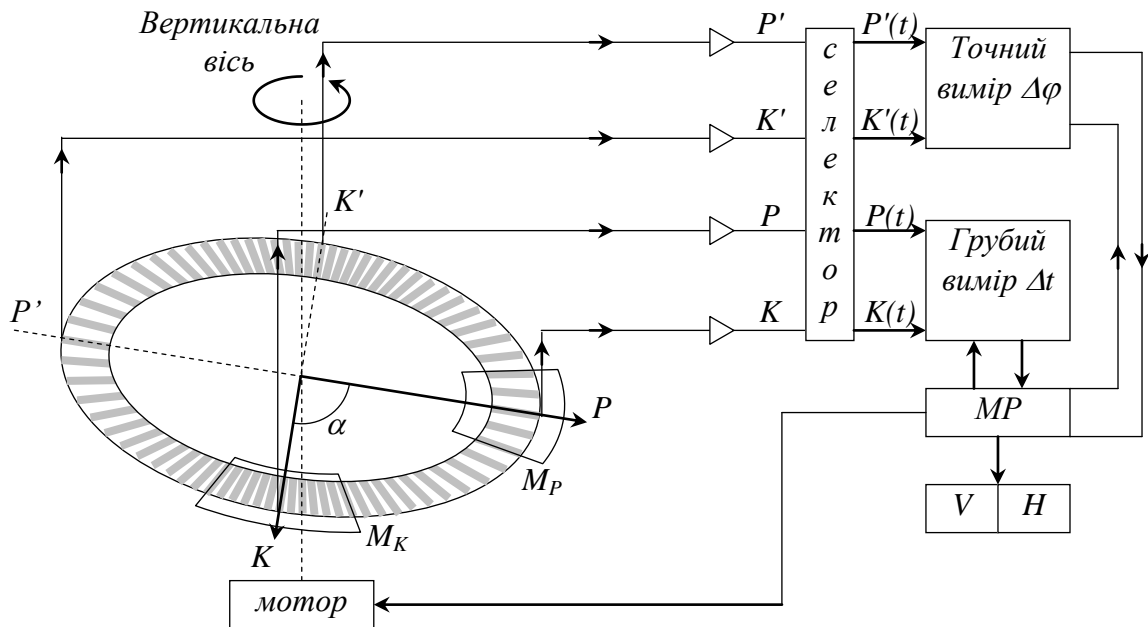


Рис.4.4. Принципова схема динамічної системи автоматизації відліків.

Під час вимірювання кутів нульовий діаметр лімба, над яким розташована одна пара фотодіодів, встановлюють за одним з напрямків кута, а трубу направляють за другим напрямком цього кута. З цим напрямком співпадає розташування другої пари діодів. Під час зміни напрямку обертання круга, навпаки, трубу направляють на перший, а нульовий діаметр – на другий напрямок кута.

Завдяки діаметральному розташуванню зчитувачів P і P' та K і K' та обертанням круга під час вимірювань у двох протилежних напрямках виключаються ексцентричні похибки, викликані розташуванням кругів та зчитувачів. Значення горизонтального (γ) і вертикального (ν) кутів та їх похибок відображаються на центральному мікропроцесорі СМР. Прилад має додаткові вмонтовані системи, що автоматично компенсують вплив нахилу вертикальної осі теодоліта (неточного горизонтування приладу) на значення горизонтальних та вертикальних кутів. Ці системи також електричні і базуються на компенсаторах. Зафіксовані фотодетектором зміни нахилу приладу, перелічені на поправки, які вводяться у виміряні горизонтальні та

вертикальні кути, автоматично. Реалізовані на практиці динамічні системи дозволили отримати високу точність кутових вимірювань. Найновіші типи реєстраторів дозволяють вводити і виводити додаткові дані, наприклад, про нумерацію пунктів, знайти та виправити записані дані чи закодувати їх. Використовуючи нескладну програму можна обчислити координати пунктів, що спостерігаються, або визначити рухи цих пунктів у тримірному просторі.

4.3. Вимірювання горизонтальних кутів електронними теодолітами (тахеометрами)

При вимірюванні горизонтальних (та й вертикальних) кутів електронними теодолітами (тахеометрами) цілий ряд похибок, залежних від спостерігача (перш за все похибки відлічування) просто виключаються. Основні дії, що виконує спостерігач – це встановлення приладу над точкою, приведення приладу в робочий стан та наведення труби на ціль. Наведення труби (в деяких приладах) також автоматизовано.

Вимірювання кутів складається з наступних кроків:

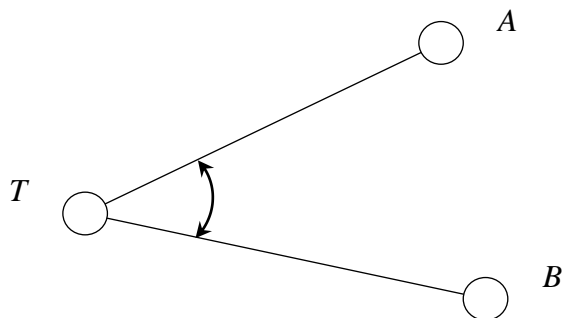


Рис. 4.5. До вимірювання горизонтальних кутів електронним теодолітом.

1. Центрують та горизонтують прилад над точкою *T* (рис.4.5). Фокусують трубу по оку та предмету. Виконують ці дії, так само, як і для оптичних теодолітах.

2. Встановлюють батареї. Вмикають прилад. Перевіряють параметри приладу, одиниці вимірювань,

3. Навести трубу на лівий відбивач (пункт *A*, рис.4.5).

4. Встановити “нульове” значення кута (правого або лівого).

5. Відпустити закріплювальний гвинт алідади і навести трубу на правий сигнал (пункт В). Відображений на дисплеї горизонтальний кут і буде кутом між пунктами А та В.

6. Аналогічно вимірюють кут при КП. Перевівши трубу через zenit, наводять її спочатку на лівий пункт А. Далі наводять трубу на правий пункт В. Відображається значення кута при КП.

4.4. Будова електронних тахеометрів SOKKIA SET 610, SOKKIA SET 610 K

Електронний тахеометр призначений для створення планово-висотної основи та виконання топографічного знімання, а також розв’язування геодезичних інженерних задач.

Комплект приладу. Пакувальна скринька електронного тахеометра (рис.4.6) містить:

- електронний тахеометр (рис. 4.14);
- два акумулятори (рис. 4.7, а);
- кабель для під’єднання зарядного пристрою (рис. 4.7, б);
- зарядний пристрій (рис. 4.7, в);
- додаткове приладдя: 1) нитковий висок (рис. 4.8, а); 2) викрутка, шпилька, пензлик (рис. 4.8, б); 3) бленда (рис. 4.8, в); 4) орієнтир-бусоль (рис. 4.8, г); 5) кабель для передачі даних із тахеометра у пам’ять комп’ютера (рис. 4.8, д); 6) абсорбент; 7) інструкція з користування приладом.

Для перенесення тахеометра в пакувальній скриньці використовують пасок.

Пакувальна скринька відбивача (рис. 4.11) містить:

- підставку (рис. 4.9);
- оптичний центрир (рис. 4.9);
- візирну марку з відбивачем (рис. 4.12).



Рис.4.6. Електронний тахеометр Sokkia SET 610 та приладдя в пакувальній скриньці

а



Вигляд акумуляторів з обох боків.

б



Кабель для під'єднання зарядного пристрою.

в



під'єднаний до джерела живлення.

Примітка. Першим заряджатиметься той акумулятор, який першим вставлений в зарядний пристрій, і тільки після його заряджання заряджається другий. Якщо у зарядний пристрій встановлено два акумулятори одночасно, то першим заряджатиметься акумулятор у гнізді 1. Зарядний пристрій з акумуляторами,

Рис. 4.7. Акумулятор та приладдя для заряджання акумулятора.

а



Нитковий висок

б



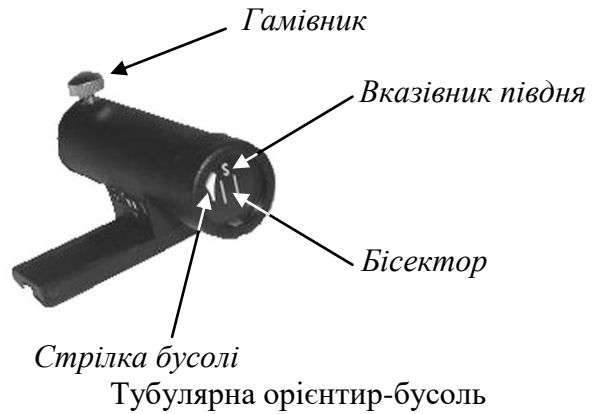
Бленда

в



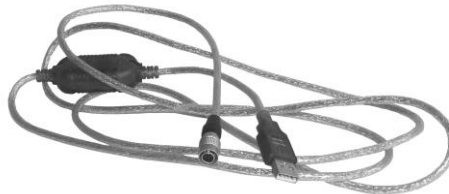
Футляр інструментів для ремонту тахеометра

г



Тубулярна орієнтир-бусоль

д



Кабель для передачі даних із тахеометра в пам'ять комп'ютера

Рис. 4.8. Додаткове приладдя електронного тахеометра.

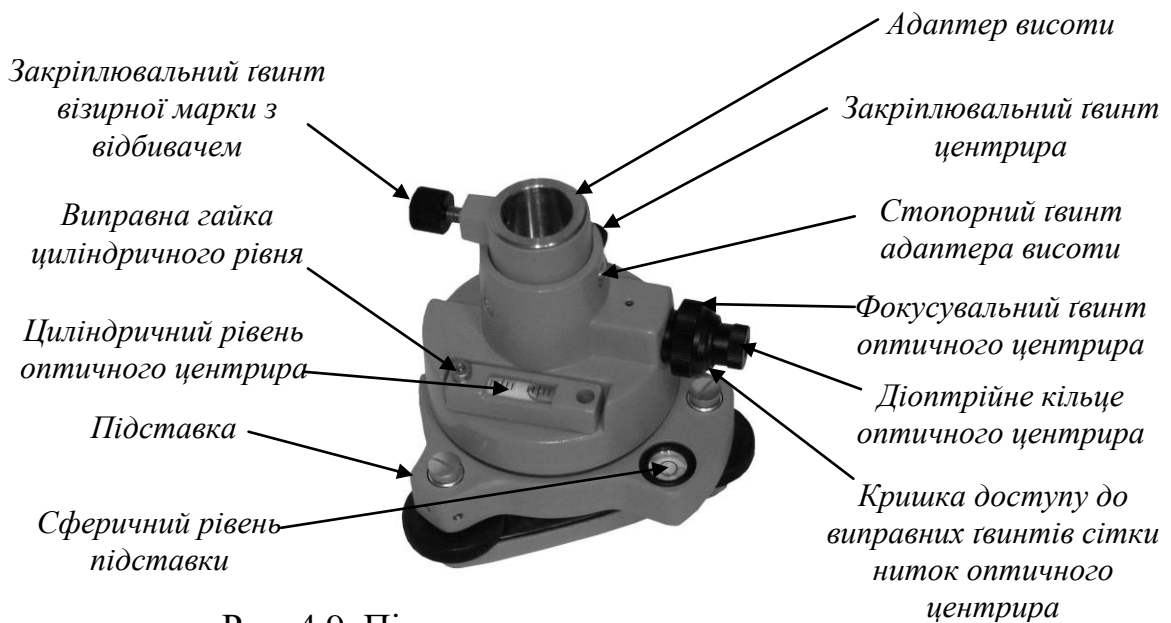


Рис. 4.9. Підставка з оптичним центриром.

У підставці цієї модифікації є можливість незначної (18 мм) зміни висоти горизонтальної осі обертання відбивача з маркою до верху корпусу підставки

від 170 до 188 мм. На підставці у віконці встановлення висоти цим висотам відповідатимуть числа від 230 до 248 (ці числа відповідають середній висоті осі обертання марки з відбивачем від низу підставки). Для зміни висоти марки з відбивачем потрібно попустити скріплювальні гвинти (рис. 4.10) і підняти (опустити) адаптер висоти. Піднімати (опускати) адаптер висоти потрібно доки у віконці встановлення висоти відобразиться потрібне значення установлюваної висоти. Після цього потрібно закріпити скріплювальні гвинти. Для того щоб повністю зняти адаптер висоти, попускають його стопорний гвинт (рис. 4.9).

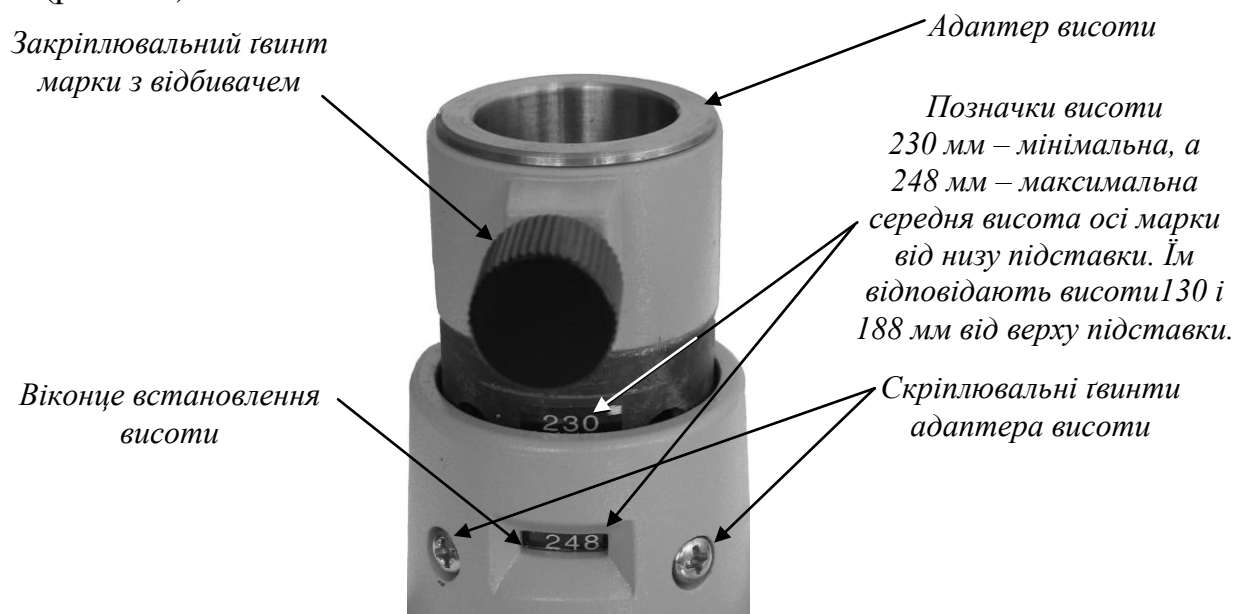


Рис. 4.10. До зміни висоти горизонтальної осі обертання відбивача з маркою.

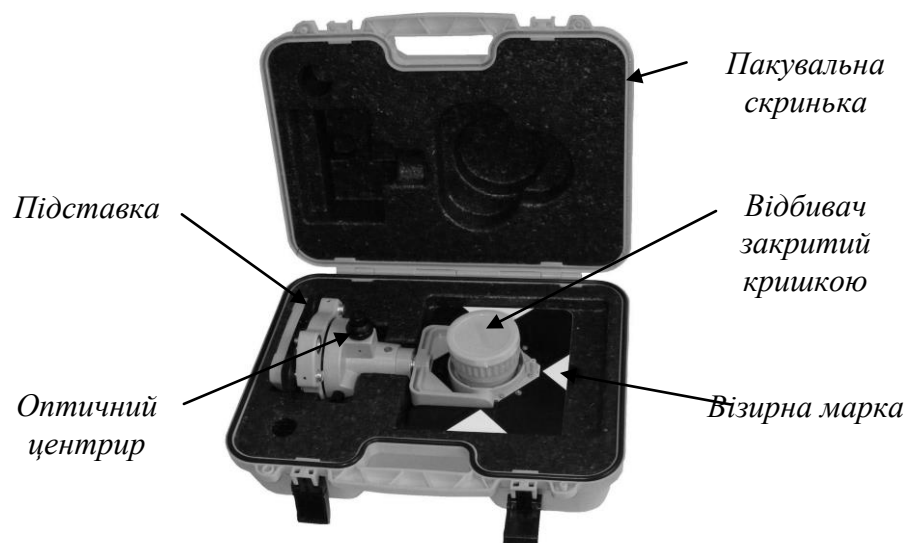


Рис. 4.11. Підставка з оптичним центриром, візирною маркою і відбивачем у пакувальній скриньці.

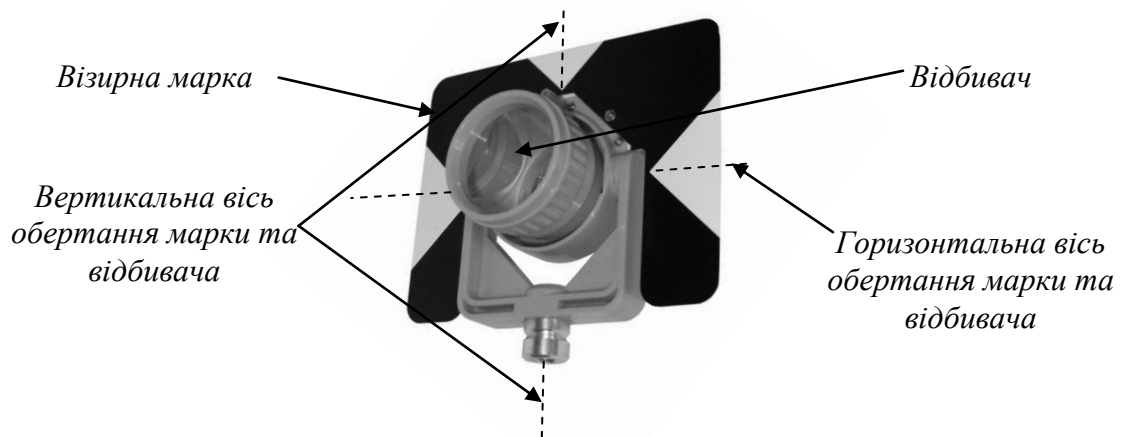


Рис. 4.12. Візира марка з відбивачем.

Прилад також комплектується тичкою для встановлення візираї марки з відбивачем. Для установлення марки з відбивачем на тичці необхідно в тичку попередньо вкрутити перехідник (рис. 4.13, б).

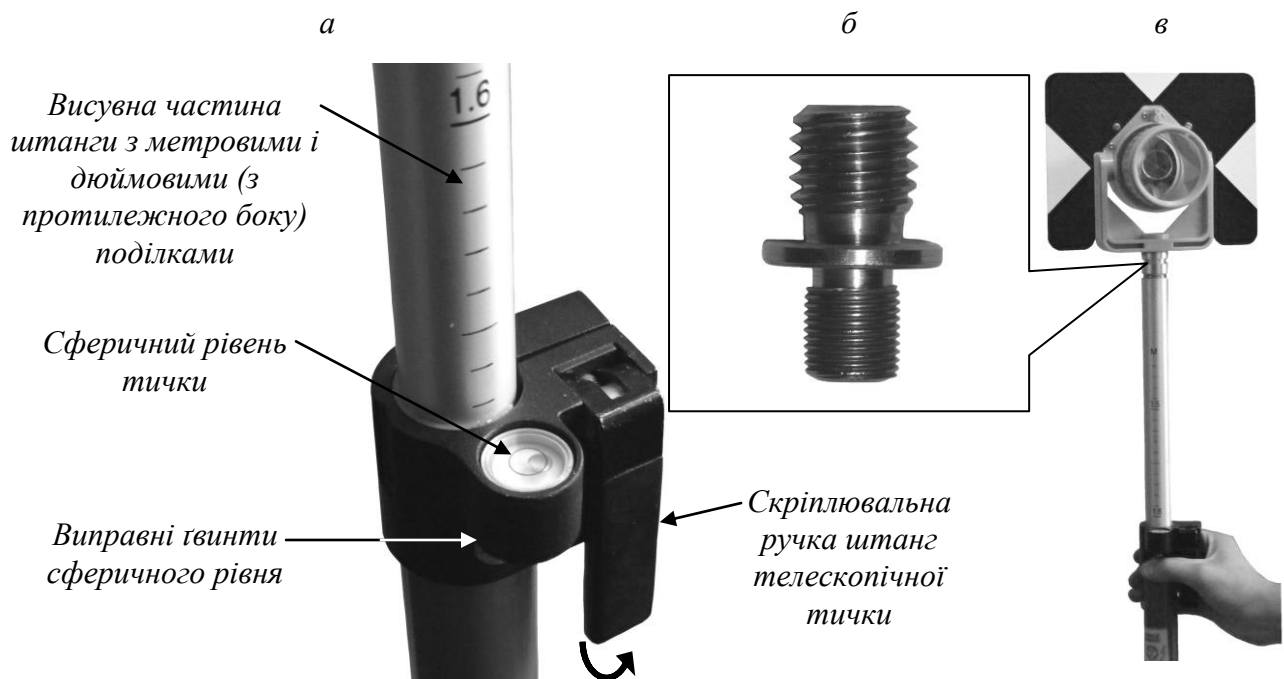


Рис. 4.13. Відбивач з маркою на телескопічній тичці.

a – скріплювальний вузол тички; *б* – перехідник для скріплення відбивача з тичкою; *в* – марка з відбивачем на тичці.

Будова електронного тахеометра Sokkia SET 610

Загальний вигляд електронного тахеометра подано на рис. 9.



Рис. 4.14. Електронний тахеометр Sokkia SET 610.

У табл. 4.1 подано технічні характеристики електронних тахеометрів Sokkia SET 610 (610 K).

Таблиця 4.1

Технічні характеристики електронних тахеометрів Sokkia SET 610 (610 K)

Технічні характеристики	Величини, діапазон приладу
1	2
Зорова труба	
Збільшення зорової труби, разів	26
Зображення зорової труби	Земне
Мінімальна віддаль фокусування, м	1,0
Кут поля зору труби	1°30'
Підсвічування сітки ниток, к-сть рівнів яскр.	5
Вимірювання кутів	
Одиниці вимірювання	Градус / Гон / Проміле
Дискретність кутових одиниць	1" / 0,3 мГон / 0,005 Проміле 5" / 1.5 мГон / 0,024 Проміле
Точність вимірювання	6" / 1.9 мГон / 0,030 Проміле
Час відображення відліку, с	0,5
<i>Режим вимірювань кутів</i>	
Зростання відліків горизонтального круга	За ходом/ Проти ходу годинникової стрілки
Вертикальний	Зенітна відстань 0°-360° / Кут нахилу ±0°-90°; 0°-360°; Проміле ±0-1 000‰
Компенсатор	
Автоматичний компенсатор кругів	Увімкнений (Гориз. і Вертик. / тільки Вертик.) / Вимкнений
Тип компенсатора	Рідинний двохосьовий давач нахилу
Діапазон компенсації, кут. Мін	3
Вимірювання віддалей	
<i>Діапазон вимірювань</i>	
зазвичай, м ; для топографічної видності до 40 км, м	
на стандартну призму AP01:	1-2400; 1-2700
на три стандартних призми AP01	1-3100; 1-3500
Дискретність відлічування віддалі для точних і швидких вимірювань, мм	1
У режимі слідкування, мм	10
Макс. Відображувана віддаль на дисплеї, м	4199,999
Одиниці вимірювань	Метри / Фути / Дюйми
<i>Режим вимірювань</i>	
Точні вимірювання	одноразові-багаторазові
Швидкі вимірювання	одноразові-багаторазові
Слідкування	одноразові

1	2
<i>Точність вимірювань, мм</i>	
У режимі точні вимірювання	2+2 D (мм) 10 ⁻⁶
У режимі швидкі вимірювання	5+5 D (мм) 10 ⁻⁶
<i>Час вимірювань, с</i>	
Точні вимірювання	2,8 + кожні наступні 1,6
Швидкі вимірювання	2,3 + кожні наступні 0,8
Слідкування	1,8 + кожні наступні 0,3
Атмосферна поправка	
<i>Діапазон введення</i>	
Введення температури, °С	-30 до +60 з кроком 1
Тиску, гПа	500 до 1400 з кроком 1
Тиску, мм рт. ст.	375 до 1050 з кроком 1
Атмосферної поправки	-499 до 499 з кроком 1
Приладової поправки, мм	-99 до 99 з кроком 1
Поправка за кривину Землі і рефракцію	Не вводиться / Вводиться з k = 0,142 або 0,20
Джерело живлення	
Джерело живлення, акумулятор	Літійово-іонний, BDC46E
Індикатор зарядженості акумулятора, рівні	4
Час роботи за температури, 25 °С	Близько 5 годин (для точних одноразових вимірювань через кожних 30 секунд)
Час заряджання акумулятора	Близько 2 годин
Номінальна напруга, в	7,2
Автоматичне вимикання живлення, рівні	5
Внутрішня пам'ять, точок	10 000
Рівні	
<i>Ціна поділки рівня на 2 мм</i>	
Циліндричного, кутових сек.	40
Сферичного, кутових мін.	10
Оптичний центр	
Зображення	земне
Збільшення, разів	3
Мінімальна віддаль фокусування, м	0,3
Додаткові характеристики	
Температура роботи з приладом	-20 – +50 °С
Висота приладу від верху корпусу підставки, мм	183
Висота горизонтальної осі обертання відбивача та марки до верху підставки, мм	170–188
Вага приладу, кг	5,1

Для встановлення акумулятора в тахеометр натискаємо на фіксувальну кнопку кришки доступу до акумулятора вниз, відкриваємо її і встановлюємо акумулятор в акумуляторний відсік. Легко натискаємо на торчак акумулятора, щоби контакти акумулятора і гнізда увійшли один в одного (рис. 10). Після встановлення закриваємо акумуляторний відсік у зворотному порядку.

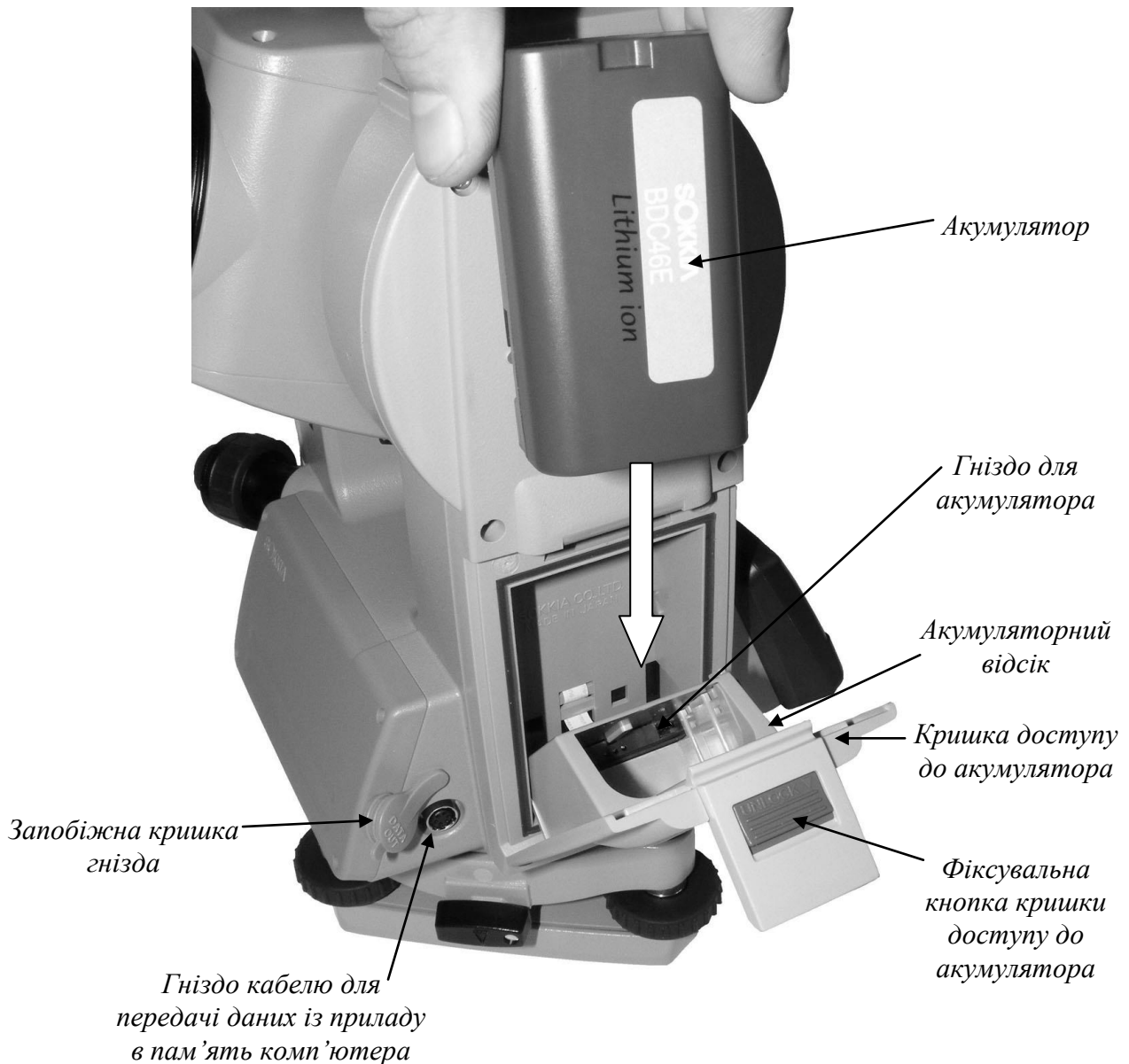


Рис. 4.15. Установлення акумулятора в акумуляторний відсік.

Тахеометр можна від'єднати від підставки (рис. 4.16). Для цього потрібно за допомогою викрутки, яка є у комплекті, попустити стопорний гвинт скріплювального важеля підставки і обернути важіль на 180° проти ходу годинникової стрілки. Тепер можна від'єднати тахеометр від підставки. Для

встановлення тахеометра на підставку потрібно його розташувати так, щоб виступ на ньому збігався із заглибленням на підставці, штифти тахеометра вставити в гнізда підставки, і обернути скріплювальний важіль підставки на 180° за холм годинникової стрілки.

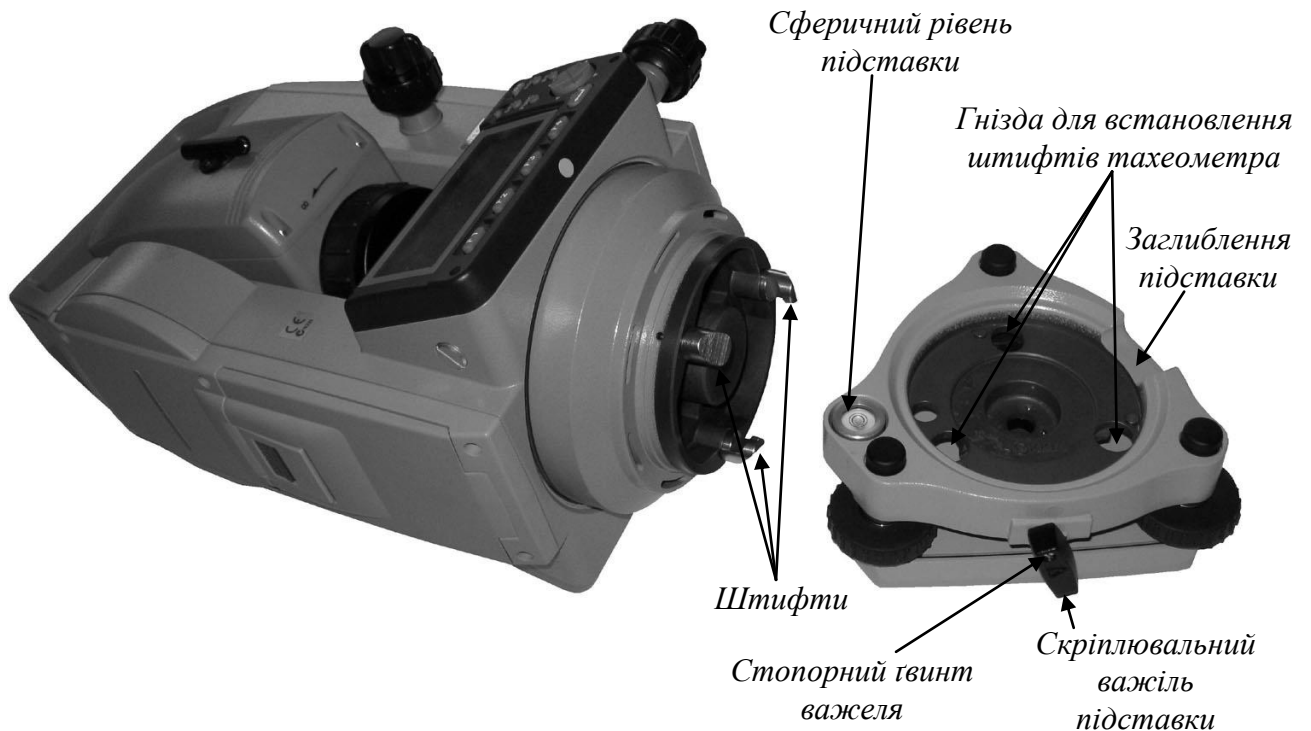


Рис. 4.16. Підставка від'єднана від тахеометра.

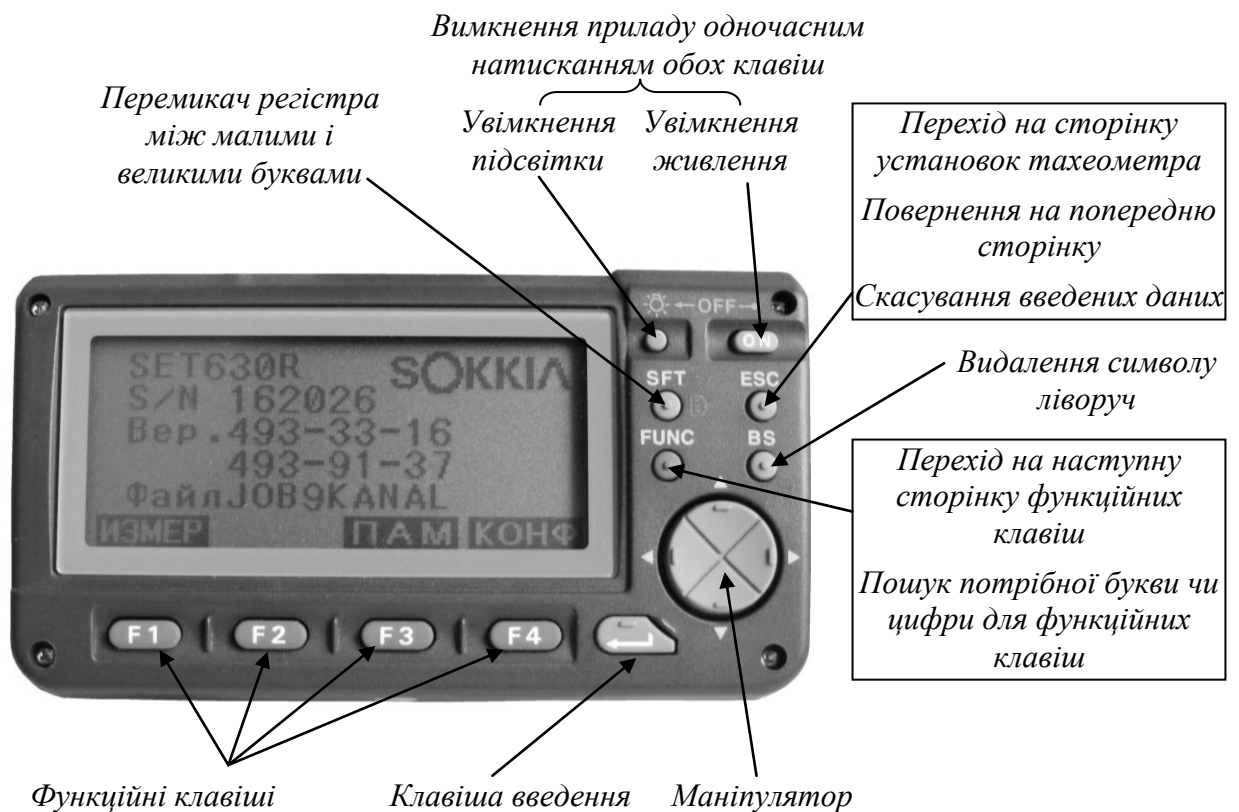


Рис. 4.17. Панель керування тахеометром Sokkia SET 610.

Панель керування тахеометром Sokkia SET 610 (рис. 4.17.) та розширеною клавіатурою SET 610K (рис. 4.18). Різняться панелі керування цих двох модифікацій приладів тільки тим, що в розширеній клавіатурі додано клавіші швидкого набору цифр і букв.



Рис. 4.18. Панель керування тахеометром Sokkia SET 610K.



Рис. 4.19. Відображення на дисплеї сторінок P1, P2 та P3.

Загальний вигляд діаграми режимів показано на рис. 4.20.

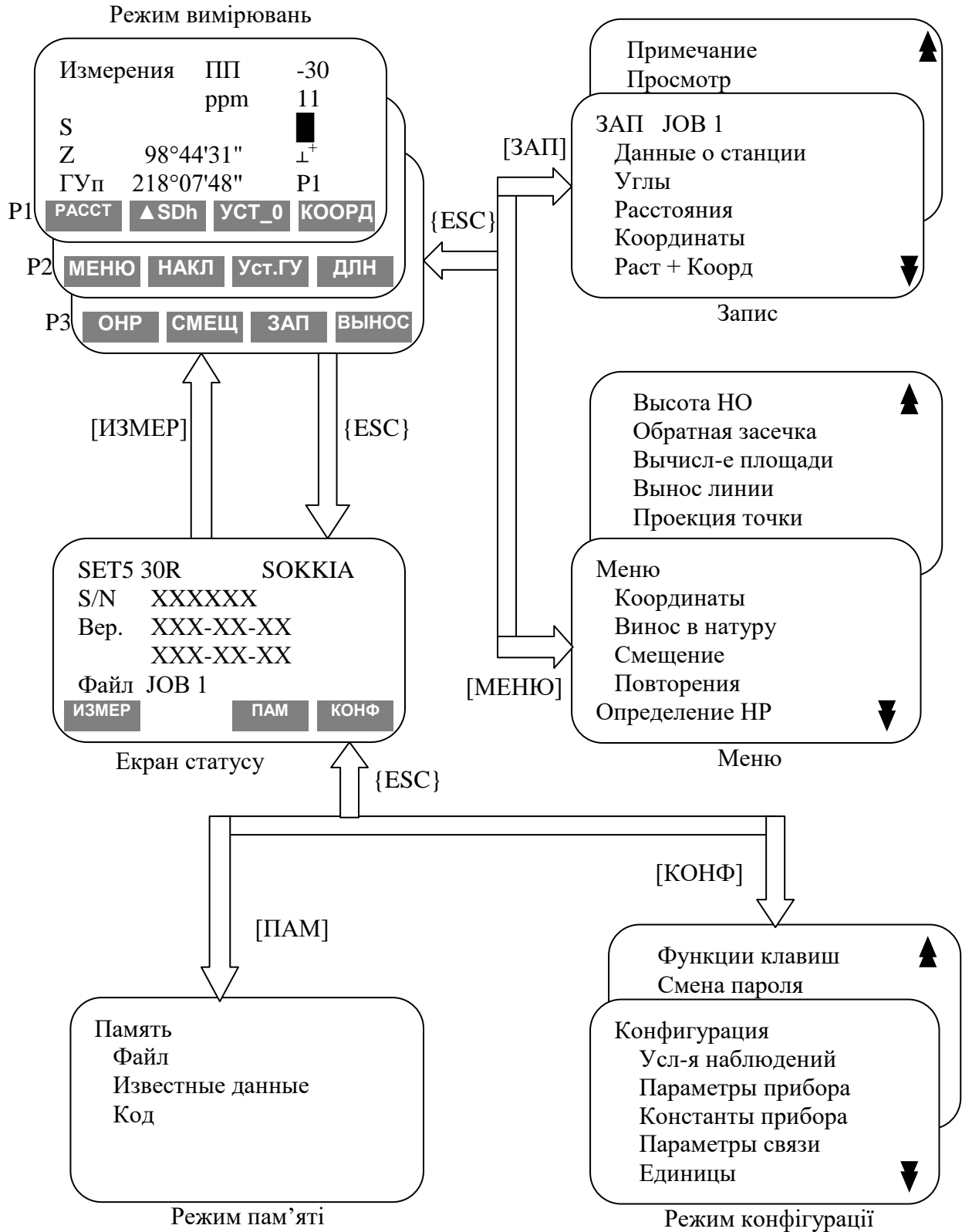


Рис. 4.20 Логічна схема діаграми режимів.

Вибір сторінок. Вмикаємо тахеометр натисканням клавіші **ON**. Натискаючи клавішу **FUNC**, можна встановити сторінку вимірювання з

відповідними функціями клавіш **F** (рис. 4.19).

Коли вертикальна вісь тахеометра встановлена не прямовисно з похибкою, що перевищує межі роботи компенсатора вертикального круга, то на дисплеї відобразиться повідомлення **Вне диапазона** (рис. 4.21).



Рис. 4.21. Сторінка вимірювання з повідомленням про неточне встановлення вертикальної осі прямовисно.

Клавішею **ESC** під час відображення будь-якої сторінки вимірювання можна перейти до сторінки установок тахеометра (рис. 4.22).



Рис. 4.22. Відображення на дисплеї сторінки установок тахеометра.

На сторінці установок тахеометра є такі функції: **ИЗМЕР**, **ПАМ**, **КОНФ**. Якщо вибрати функцію **ИЗМЕР**, відобразиться одна з трьох попередньо вибраних сторінок вимірювання **P1**, **P2**, **P3** (рис. 4.20).

Якщо вибирати функцію **ПАМ**, то відобразиться сторінка пам'яті (рис. 4.23).



Рис. 4.23. Відображення на дисплеї сторінки пам'яті.

Якщо вибрати функцію **КОНФ**, на дисплеї відобразиться сторінка конфігурації рис. 4.24, а. Маніпулятором можна перейти зі сторінки рис. 4.24, а на її продовження (рис. 4.24, б).

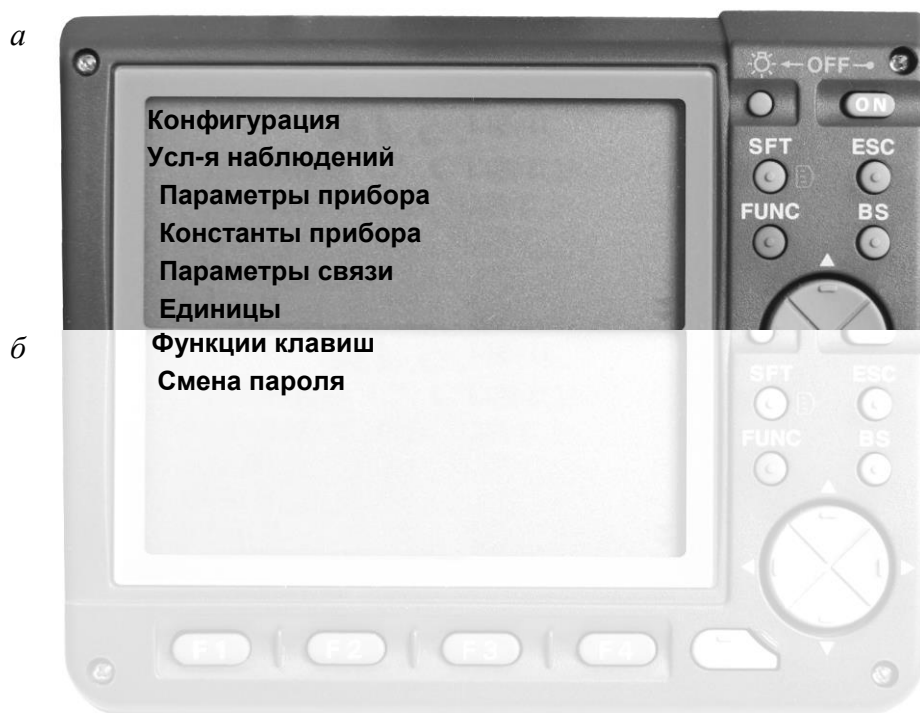


Рис. 4.24. Відображення сторінки конфігурації.

Якщо на сторінці установок тахеометра (див. рис. 4.22) функційною клавішею вибрати функцію **КОНФ**, пункт **Параметры прибора** (див. рис. 4.24), а далі установити **Продолжение : Вкл**, тоді під час вмикання тахеометра відобразиться остання сторінка, з якою працювали перед вимиканням приладу. Для переходу на сторінку вимірювань натискають

клавішу **ESC**. Якщо ж у згаданому рядку встановити **Продолжение : Выкл**, то під час вмикання відобразиться сторінка вимірювання.

Якщо до вимикання тахеометра в пункті **Усл-я наблюдений** (див. рис. 4.24) в рядку **ВК вручн.** було встановлено **ВК вручн. : Да** – відобразиться рис. 4.25.



Рис. 4.25. Сторінка індексації вертикального круга вручну.

Для переходу на сторінку вимірювань потрібно виконати пропоновані приладом дії або встановити **ВК вручн. : Нет**.

Функції клавіш **F** на сторінках вимірювання (рис. 4.24) можна змінювати наступним чином.

Вибираємо на продовженні сторінки конфігурації рядок **Функции клавиш** (рис. 4.24, б) і входимо в нього. На дисплеї відобразиться (рис. 4.26).



Рис. 4.26. Відображення сторінки функцій клавіш.

Входимо в рядок **Задать**. На дисплеї відобразяться (рис. 4.27) стандартні

функції клавіш **F** сторінки **P1**, **P2**, **P3** (див. рис. 4.19).



Рис. 4.27. Стандартні функції клавіш **F** сторінки **P1**, **P2**, **P3**.

За допомогою маніпулятора праворуч-ліворуч вибираємо будь-яку з відображених функцій і змінюємо їх теж маніпулятором вверх-вниз на потрібні. Підтверджуємо кожен вибір функції клавішею введення і для запам'ятовування всіх виконаних змін натискаємо клавішу **F4** (Да). Перший набраний рядок (не обов'язково такий, як зображено на рис. 15) відобразиться на сторінці **P1**, другий – на **P2** і третій – на **P3**.

Можна створити два різні набори функцій клавіш **F** сторінки **P1**, **P2**, **P3**. і запам'ятати один із них у профілі **Размещение 1**, а другий – у профілі **Размещение 2**. Для цього після створення потрібного набору функцій клавіш **F** потрібно зайти в пункт **Сохранить** (див. рис. 4.28), вибрати один із профілів і підтвердити вибір клавішею введення.



Рис.4.28. Відображення сторінки збереження профілів функцій клавіш.

Потрібний набір функцій клавіш, який відобразатиметься в процесі подальшої роботи, можна викликати за допомогою пункту **Вызвать** (див. рис. 4.26).



Рис. 4.29. Відображення сторінки виклику профілів функцій клавіш.

Якщо увійти в цей пункт і вибрати рядок **По умолчанию**, то на сторінках вимірювання відобразяться заводські установки функцій клавіш.

Заводські функції (стандартні налаштування функцій) клавіш показано на рис. 4.27.

Функції клавіш **F1, F2, F3, F4** можна змінити на будь-яку іншу функцію, (в табл. 4.2 подан перелік функцій).

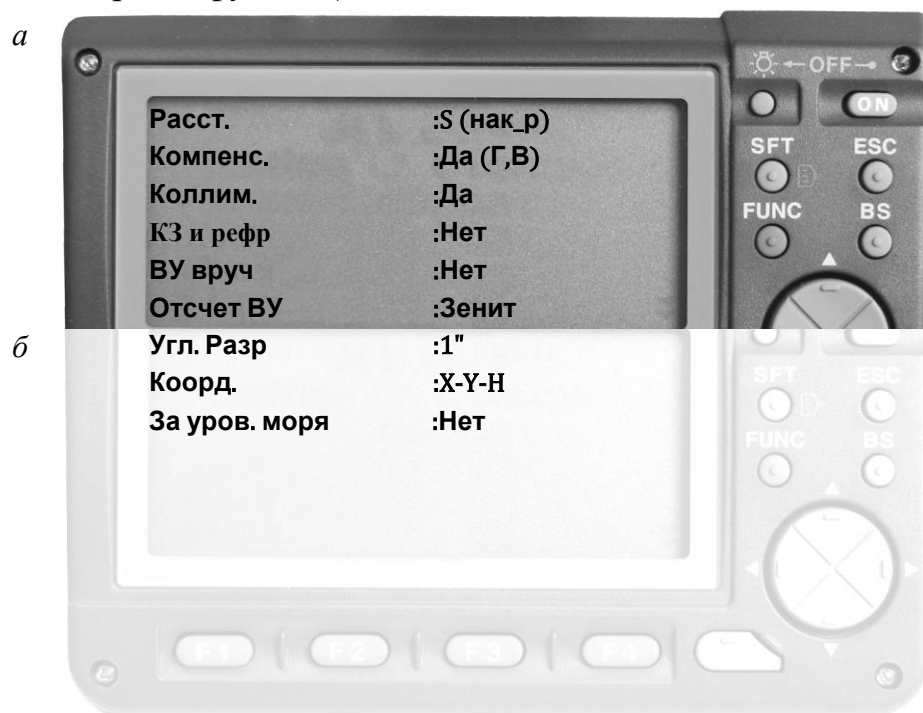


Рис. 4.30. Відображення сторінки умови спостережень.

Функції клавіш

РАССТ	Вимірювання віддалі
▲SDh	Ввімкнення режиму вимірювання нахиленої віддалі, горизонтальної проекції та перевищення
УСТ_0	Обнулення відліку горизонтального круга
КООРД	Координатні вимірювання
ПОВТ	Повторні вимірювання
ОНР	Визначення недоступної віддалі
ВЫНОС	Винесення на місцевість
СМЕЩ	Вимірювання зі зміщенням
ЗАП	Перехід у меню запису
ДЛН	Установки віддалеміра
Уст.ГУ	Установлення потрібного відліку горизонтального круга
НАКЛ	Відображення значень нахилу тахеометра (X,Y)
МЕНЮ	Перехід у режим меню (координатні вимірювання, винесення на місцевість, вимірювання зі зміщенням, повторні вимірювання, визначення недоступної віддалі, визначення висоти недоступного об'єкта, обернена засічка, обчислення площі, винесення лінії, винесення дуги, проектування точки)
ВНО	Визначення висоти недоступного об'єкта
ЗАСЕЧ	Обернена засічка
П/Л	Вибір напрямку збільшення горизонтальних відліків: праворуч/ліворуч (за ходом / проти ходу годинникової стрілки)
Z/% ВУ/%	Перемикач формату відображення вертикальних кутів: зеніт / кут / ухил у проміле
ФИКС	Фіксація / вивільнення відліку горизонтального круга
ВЫЗОВ	Перегляд результатів вимірювань
ВЫВОД	Виведення результатів вимірювань на зовнішній пристрій
НАВЕД	Контроль рівня відбитого сигналу
ПЛОЩ	Обчислення площі
Ф/М	Перемикач одиниць вимірювання віддалі (метри / фути)
ВЫС	Введення висоти приладу і висоти візування
ВН_Лин	Винесення лінії
ПР_Точ	Проектування точки
-----	Функція не встановлена

Для отримання бажаних результатів до початку вимірювань установлюють потрібні умови спостережень. Для цього входимо на сторінку конфігурації **КОНФ** (рис. 4.22), вибираємо маніпулятором рядок **Усл-я наблюдений** (рис. 4.24, а) і натискаємо клавішу введення. На дисплеї

відобразиться рис. 4.30, а. Маніпулятором можна перейти зі сторінки рис. 4.30, а на її продовження –рис. 4.30, б.

Кожну відображувану в рядках (рис. 4.30) величину можна змінювати натисканням маніпулятора праворуч-ліворуч, а переходити між рядками – натисканням його вверх-вниз.

У рядках можна встановити такі величини:

Расст. – формат відображення віддалі:

S (нак_р) – похила віддаль;

D (гор_п) – горизонтальна віддаль;

h (прев) – перевищення.

Компенс. – компенсація за відхилення вертикальної осі від прямовисної лінії:

Да (Г, В) – для відліків горизонтального і вертикального кругів;

Да (В) – для відліків вертикального круга;

Нет – компенсатор відліків вимкнутий.

Коллим. – поправка за колімацію у відлік горизонтального круга:

Да – вводиться поправка за колімацію;

Нет – не вводиться поправка за колімацію.

КЗ и рефр – сумісна поправка за кривину Землі і рефракцію в обчислюване перевищення:

Нет – не вводиться сумісна поправка;

К = 0.142 – вводиться сумісна поправка з коефіцієнтом рефракції +0,142.

К = 0.20 – вводиться сумісна поправка з коефіцієнтом рефракції +0,20.

ВК вручн. – поправка у відліки вертикального круга за величину M_0 (MZ):

Нет – поправка вводиться у кожний відлік (КЛ, КП) з результатів перевірки;

Да – поправка вводиться у відліки після вимірювань з кругом ліворуч та праворуч (індексація) на вибрану точку.

Отстет ВУ – спосіб вимірювання вертикальних кутів:

<p>Зенит – зенітна відстань, яка змінюється від 0° (зеніт) до 359°59'59" за ходом годинникової стрілки, якщо дивитися на прилад з боку оптичного центрира;</p>	
<p>Горизонт – відлік вертикального круга, для горизонтально розташованої візирної осі 0° і змінюється до 359°59'59" проти ходу годинникової стрілки, якщо дивитися на прилад з боку оптичного центрира;</p>	
<p>Гориз ±90 – відлік вертикального круга, для горизонтально розташованої візирної осі 0° і змінюється до ±90°.</p>	

Угл. Разр – дискретність відображення відліків кругів:

1"; **0.0002 гон**; **0.005 мил**; – секунда, гон, проміле;

5"; **0.001 гон**; **0.02 мил**; – секунд, гон, проміле;

Встановлення (°, гон, проміль) відобразяться тоді, коли в **Конфігурація**

– **Єдиниці** – Угол вибрати відповідно **градусы, гоны, милы**.

Коорд. – встановлення послідовності відображення координат.

X-Y-H;

Y-X-H.

За уров. моря – прилад обчислює довжину вимірюваної лінії на рівневій поверхні, вводячи поправку у горизонтальну проекцію. Поправка обчислюється за введеними висотами приладу і відбивача та вимірюваною горизонтальною проекцією лінії. Поправка обчислюється за формулою:

$$\Delta S_{\text{РІВН.ПОВ}} = -\frac{H_M}{R} \cdot D,$$

де $H_M = \frac{H_{\text{ПРИЛ.}} + H_{\text{ВДБ.}}}{2}$ – середня висота вимірюваної лінії;

R – радіус Землі (6371 км);

D – горизонтальна проекція вимірюваної віддалі.

Да – поправка вводиться;

Нет – поправка не вводиться.

Відображувані символи на сторінці вимірювання



Рис. 4.31. Відображувані символи сторінки вимірювань.

Якщо потрібно змінити символи **S**, **Z**, \perp^+ на сторінці вимірювань, що відображені на рис. 4.31, та дискретність відлічування, то чинять так. Натискаємо клавішу **ESC**, вибираємо функцію **КОНФ – Усл-я наблюдений** і натискаємо клавішу введення. На дисплеї відобразиться рис. 4.30.

Зміну режиму вимірювання *віддалі S* виконують так, як описано вище. Відповідно до вибраних функцій на сторінці вимірювання відобразиться у рядку **S** (рис. 4.31) – одне із позначень **S**, **D**, **h**.

Для зміни режиму вимірювання вертикального кута **Z** вибираємо рядок **Отсчет ВУ**. і маніпулятором встановлюємо позначення **Зенит**, **Горизонт**, **Гориз ± 90** . Відповідно до вибраних функцій на сторінці вимірювання відобразиться у рядку **Z** (рис. 4.31) одне з позначень – **Z** чи **ВУ**.

Для будь-якого режиму вимірювання вертикального кута після натискання клавіші під функцією (якщо на сторінці вимірювань встановлено **Z**) або **ВУ / %** (якщо на сторінці вимірювань встановлено **ВУ**) вертикальний кут відобразатиметься в рядку вимірювання вертикальних кутів у проміле. Перейти до вимірювання вертикальних кутів у гонах чи градусах (те, що було встановлено в одиницях вимірювання) можна повторним натисканням клавіші

під функцією (**Z / %**, чи **ВУ / %**).

Відображений на рис. 4.31 символ \perp^+ режиму компенсації відліків кругів устанавлюють у відповідний режим так, як описано вище. Цей символ відобразатиметься тоді, коли увімкнений компенсатор відліків вертикального круга або компенсатор відліків горизонтального та вертикального кругів.

Дискретність відображення вимірюваних кутів змінюють так, як описано раніше. Відповідно на сторінках вимірювань відобразатимуться горизонтальні і вертикальні відліки, кратні 1" або 5".

Вимірювати віддалі можна в різних режимах. Для зміни режиму вимірювання віддалі на сторінці вимірювань вибираємо функцію **ДЛН**, на дисплеї відобразиться рис. 4.32, а, б.



Рис 4.32. Відображення сторінки устанавки віддалеміра.

У рядку **Режим** маніпулятором можна встановити такі функції вимірювань віддалі:

Точн_Мног – безперервні багаторазові точні вимірювання віддалі. Припиняються після натискання клавіші **F4 (Стоп)**. У результаті із вимірюваних віддалей до зупинки отримаємо середню віддаль;

Точн_Уср 4 – точна, середня віддаль зі заданої кількості вимірювань (до

0,1 мм). Можна встановити за допомогою функційних клавіш **F1** і **F2** від одного до дев'яти вимірювань. У показаній установці встановлено **4** вимірювання. На початку вимірювань на дисплеї відобразиться **D-0**. У процесі вимірювання відобразатимуться символи **D-1**, **D-2** і т. д., які означатимуть кількість виконаних вимірювань. Якщо потрібно, то процес вимірювання можна зупинити клавішею **F4 (Стоп)**. Тоді біля символу віддалі відобразиться цифра, яка відповідатиме кількості виконаних на цей час вимірювань. Наприклад, **D-3**;

Точн_Однокр – точне одноразове вимірювання віддалі;

Быст_Мног – швидкі багаторазові вимірювання віддалі. Процес вимірювання можна зупинити клавішею **F4 (Стоп)**;

Быст_Однокр – швидке одноразове вимірювання віддалі;

Слежение – вимірювання віддалі в режимі слідкування.

У рядку **Отраж-ль** маніпулятором можна встановити такі функції:

Призма – вимірювання на відбивач. Якщо встановити цей рядок, то у рядку **ПП** (приладова поправка) встановлюється автоматично поправка, яку вводили попередньо;

Пленка – вимірювання на відбивну плівку. Якщо встановити цей рядок, то у рядку **ПП** (приладова поправка) встановлюється автоматично поправка, яку вводили попередньо.

Якщо потрібно змінити приладову поправку (для призми чи плівки) вибирають рядок **ПП**, після цього вибирають функцію **РЕДКТ** і функційними клавішами та клавішею **FUNC** встановлюють потрібне значення (від -99 до +99 мм) значення **ПП** визначається на базисі. Заводська установка -30 мм.

У рядку **Темп.** можна встановити температуру повітря від -30 до +60°C, вибравши клавішею **F3** функцію **РЕДКТ**. За допомогою клавіші **FUNC** та функційних клавіш (або на клавіатурі швидкого набору) набирають її значення та знак. Заводська установка +15°C.

У рядку **Давл.** можна встановити атмосферний тиск (залежно від вибраних одиниць) від 500 до 1400 гПа, від 375 до 1050 мм рт. ст. вибравши клавішею **F3** функцію **РЕДКТ**. За допомогою клавіші **FUNC** та функційних

клавіш (або на клавіатурі швидкого набору) набирають його значення. Заводська установка 1013 гПа, 760 мм рт. ст.

У рядку **ppm**. автоматично встановлюються поправка у вимірювану віддаль за встановленими температурою і тиском. Значення цієї поправки від -499 до +499 мм можна також установити, вибравши рядок **ppm**. і функцію **РЕДКТ**. За допомогою клавіші **FUNC** та функційних клавіш (або на клавіатурі) набирають її значення та знак. У цьому разі значення температури і тиску не відображатимуться. Заводська установка становить 0 мм. Якщо клавішею **F1** вибрати функцію **0 ppm**, то автоматично встановляться заводські установки температури та тиску.

Ppm (parts-per-million) – поправка у міліметрах на один кілометр вимірюваної віддалі.

Режим вимірювання горизонтального кута **ГУ** можна змінити функціональною клавішею вибравши функцію **П/Л**. Можна установити напрям збільшення відліків горизонтального круга: **ГУп** – за ходом годинникової стрілки або **ГУл** – проти ходу годинникової стрілки.

Відображений на рис. 26 заряд акумулятора має 4 рівні. Затемнена частина відповідає частці зарядженості акумулятора.

4.5. Перевірки та підготовка до роботи електронного тахеометра SOKKIA SET 610, SET 610 K

Горизонтування приладу. Установити вертикальну вісь приладу прямовисно можна приблизно за допомогою сферичного рівня встановленого на підставці і, точно, за допомогою циліндричного, як звичайно, у всіх геодезичних приладах. Точне установлення вертикальної осі прямовисно електронним рівнем виконують у такій послідовності: вмикають прилад, вибирають функцію **НАКЛ**. На дисплеї відобразиться рис. 4.33. Кути X та Y вказують на нахил вертикальної осі, відповідно, в напрямі візирної осі зорової труби, і в напрямі горизонтальної осі приладу. Якщо бульбашка електронного

рівня (рис. 4.33) дотикається до внутрішнього кола, то нахил вертикальної осі приладу дорівнює $3'$. Граничний нахил візирної осі в обох напрямках, який ще компенсується, – $3'30''$. Зазвичай спочатку встановлюють вертикальну вісь приладу прямовисно, приблизно, після цього – точно.

Перевірка встановлення циліндричного рівня

Умова. Вісь циліндричного рівня має бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання приладу.

Виконують перевірку, як звичайно, у всіх геодезичних приладах. Якщо бульбашка циліндричного рівня після обертання алідадної частини приладу на 180° не на середині, то виправлення виконують виправним гвинтом циліндричного рівня (рис. 4.14), посуваючи бульбашку на половину відхилення до середини. Якщо виправний гвинт обертати за ходом годинникової стрілки, то бульбашка рівня рухатиметься до гвинта, і навпаки.

Перевірка встановлення сферичного рівня підставки

Умова. Вісь сферичного рівня підставки має бути паралельна до вертикальної осі обертання приладу.

Встановлюють вертикальну вісь приладу за допомогою перевіреного циліндричного чи електронного рівнів прямовисно. Бульбашка сферичного рівня має бути на середині. Якщо вона не на середині, то виправними гвинтами сферичного рівня підставки (рис. 4.14), встановлюють бульбашку сферичного рівня на середину. Під час виправлення спочатку попускають (викручують) виправний гвинт, розташований ближче до бульбашки, а тоді – один чи два інших виправні гвинти з протилежного боку бульбашки.

Дослідження і виправлення електронного рівня

Умова. Середній нахил електронного рівня має бути меншим ніж $20''$.

Установлюємо якнайточніше, за допомогою вивіреного циліндричного рівня, вертикальну вісь приладу прямовисно. Вмикаємо прилад і на сторінці вимірювань вибираємо функцію **НАКЛ**. На дисплеї відобразяться (рис. 4.33). Відлічуємо нахил електронного рівня по осях X і Y. Наприклад: $X = - 0'03''$ і $Y = + 0'05''$. Обертаємо алідадну частину, наближено, на 180° . Ще раз відлічуємо

компенсатор, наприклад: $X = + 0'23''$ і $Y = - 0'25''$. Обчислюємо середнє значення $X_{\text{сер.}} = - 0'10''$ і $Y_{\text{сер.}} = + 0'10''$. Якщо будь-яке зі середніх значень менше ніж $20''$, то перевірка виконується. Якщо більше ніж $20''$, то електронний рівень виправляють так, як описано у наступній *перевірці місця нуля компенсатора*.

Якщо бульбашка зовнішнім краєм торкається внутрішнього кола, то нахил вертикальної осі приладу дорівнює $3'$.

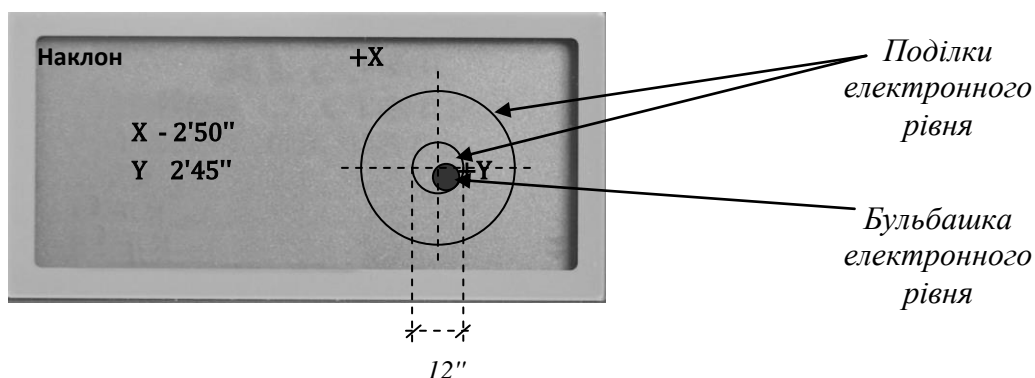


Рис. 4.33. Електронний рівень

Дослідження і виправлення місця нуля двох осевого компенсатора

Умова. Середні значення величин X та Y місця нуля компенсатора мають бути у межах 400 ± 30 .

Установлюємо якнайточніше, за допомогою вивіреного циліндричного рівня, вертикальну вісь приладу прямовисно. Установлюємо відлік горизонтального круга 0° . Для цього двічі натискаємо функційну клавішу **УСТ_0**.

У меню **Конфігурація** вибирають пункт **Константи прибора**. На дисплеї відобразиться рис. 4.34.



Рис. 4.34. Перевірка місця нуля компенсатора

Входимо у рядок **Комп**. На дисплеї відобразиться рис. 4.35, а.

Записуємо нахил вертикальної осі $X_1 = + 0^\circ 00' 12''$ і $Y_1 = - 0^\circ 00' 05''$.

Обертаємо верхню частину приладу на 180° . Відлік **ГУп** (**ГУл**) дорівнюватиме $180^\circ 00' 00''$. Знову записуємо дані нахилу вертикальної осі $X_2 = -0^\circ 00' 06''$ і $Y_2 = +0^\circ 00' 15''$. Обчислюємо середнє значення нахилу вертикальної осі $X_{\text{СЕР.}} = +0^\circ 00' 09''$ і $Y_{\text{СЕР.}} = +0^\circ 00' 10''$. Якщо будь-яке зі середніх значень менше ніж $20''$, то виправлення не потрібне. Завершуємо перевірку натисканням клавіші **ESC**. Якщо бодай одне зі середніх значень понад $20''$, то запам'ятовуємо дані нахилу вертикальної осі X_2 і Y_2 , натисканням клавіші **Да**. На дисплеї відобразиться рис. 4.35, б.



Рис. 4.35. До перевірки місця нуля компенсатора

Обертаємо верхню частину приладу на 180° . Відлік **ГУп** (**ГУл**) дорівнюватиме $0^\circ 00' 00''$. Ще раз запам'ятовуємо результати нахилу вертикальної осі натисканням клавіші **Да**. На дисплеї відобразиться рис. 4.36.



Рис. 4.36. Результат перевірки місця нуля компенсатора

Якщо обидві величини X і Y у рядку **Новый** у межах 400 ± 30 , натискаємо клавішу **Да** для оновлення у пам'яті приладу місця нуля компенсатора. Після натискання відобразиться дисплей **Константи прибора** (рис. 4.34). Якщо ж значення X і Y є більші ніж 400 ± 30 , натискають клавішу **НЕТ** і ще раз виконують, як описано вище, перевірку. Якщо після двох-трьох

повторень перевірки значення $X_{\text{СЕР}}$ і $Y_{\text{СЕР}}$ виходять за межі 20", то прилад відправляють на ремонт у майстерню.

Перевірка місця нуля та колімації

Умова. Місце нуля та колімація не мають перевищувати відповідно 60" та 20".

Перевірку місця нуля та колімації виконують одночасно. У меню **Конфігурація** вибирають пункт **Константи прибора**. На дисплеї відобразиться рис. 4.34.

Входимо у рядок **Коллимация**. На дисплеї відобразиться рис. 4.37, а.

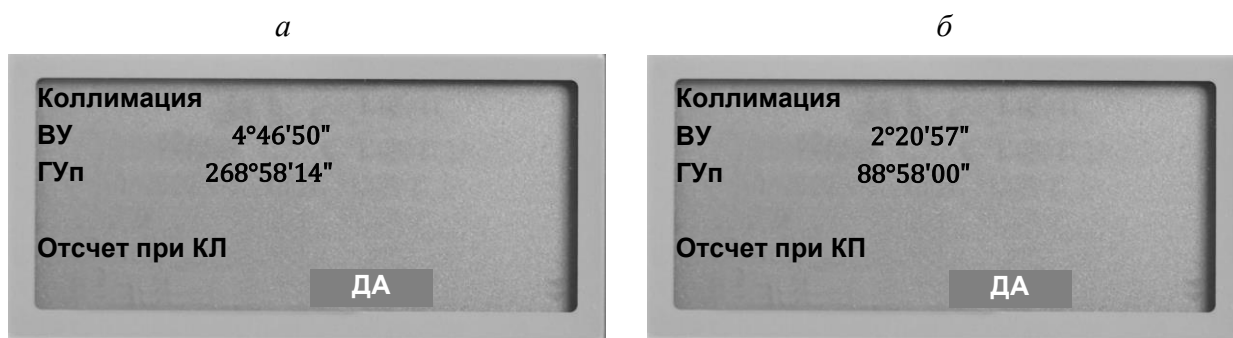


Рис. 4.37. До перевірки місця нуля та колімації

Спрямовуємо, з кругом ліворуч, центр сітки ниток на точку, розташовану на відстань не менше ніж 400 м, приблизно на висоті приладу. Підтверджуємо відображені на дисплеї відліки горизонтального і вертикального кругів натисканням клавіші **Да**. На дисплеї відобразиться рис. 4.37, б. Спрямовуємо центр сітки ниток на вибрану точку з кругом праворуч. Знову підтверджуємо відліки натисканням клавіші **Да**. На дисплеї відобразиться рис. 4.38.



Рис. 4.38. Результат перевірки місця нуля та колімації

Для запам'ятовування результатів перевірки місця нуля та колімації натискаємо клавішу **Да**. Якщо натискаємо клавішу **Нет**, то в пам'яті тахеометра

залишаються попередньо введені значення місця нуля та колімації. В обох випадках після натискання клавiш **Да** або **Нет** на дисплеї відобразиться рис. 4.34.

За неправильного визначення місця нуля або колімації на дисплеї відобразиться повідомлення про недопустиму величину місця нуля чи колімації (рис. 4.39).

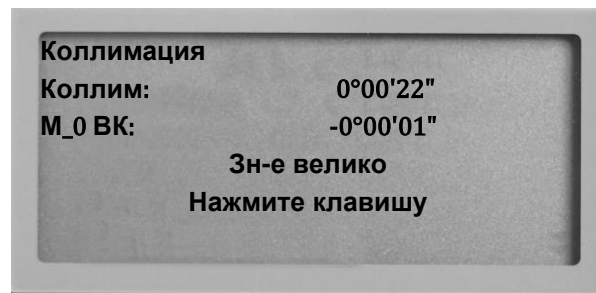


Рис. 4.39. Повідомлення про недопустиму величину колімації чи місця нуля

Таке повідомлення відображається на дисплеї, якщо величина колімації більша за 20", або місце нуля більше за 60". У такому разі натискають будь-яку клавiшу. На екрані відобразиться рис. 4.34. Перевірку повторюють. Якщо після виконання перевірки декілька разів величина колімації чи місця нуля перевищує вищевказані допуски, то прилад віддають у ремонт.

Уведені результати перевірки враховуватиме прилад у подальших вимірюваннях.

Перевірка сітки ниток

Умова 1. *Вертикальний штрих сітки ниток зорової труби, у встановленому в робоче положення приладі, для горизонтально розташованої візирної осі, має бути прямовисним.*

Для перевірки вертикальну вісь приладу установлюють прямовисно, а візирну вісь горизонтально (за відліком вертикального круга) і візують вертикальним штрихом сітки ниток на нитку виска. Вертикальний штрих сітки ниток і нитка виска мають збігатися з точністю двох товщин штриха сітки ниток. Якщо розходження більше, то прилад віддають у ремонт.

Умова 2. *Вертикальний штрих сітки ниток зорової труби має бути*

перпендикулярним до горизонтальної осі приладу.

Для перевірки вертикальну вісь приладу, якнайточніше, установлюють прямовисно, і візують верхнім кінцем вертикального штриха сітки ниток на чітко видну точку (рис. 4.40, а). Навідним гвинтом повільно підіймають зорову трубу, так, щоб нижній край штриха сітки ниток перемістився в точку А (рис. 4.40, б). Точка А не має зміщатися з центра бісектора більше, ніж на дві товщини штриха сітки ниток. Якщо відхилення більше за допуск, то прилад віддають у ремонт.

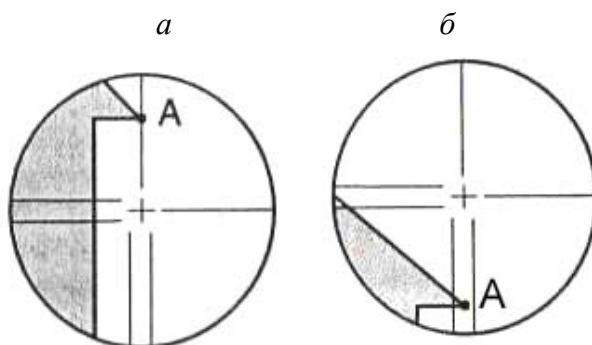


Рис. 4.40. Перевірка перпендикулярності сітки ниток до горизонтальної осі

Умова 3. Центр сітки ниток зорової труби має розташовуватися так, щоби подвійні величини колімації й місця нуля не перевищували 40".

Для перевірки вертикальну вісь приладу встановлюють прямовисно. Вибирають, приблизно на висоті приладу, візирну ціль на відстані понад 400 м. В **Умовиях наблюдений** у рядках **Компенс.** і **Коллимація** установлюють **Нет.**

Візують з кругом ліворуч на wybranу візирну ціль. Відлічують горизонтальний і вертикальний круги. Наприклад:

$$КЛ_{ГОР} = 18^{\circ}34'00'';$$

$$КЛ_{ВЕРТ} = 90^{\circ}30'20'';$$

Візують з кругом праворуч на wybranу візирну ціль. Відлічують горизонтальний і вертикальний круги. Наприклад:

$$КП_{ГОР} = 198^{\circ}34'20'';$$

$$КП_{ВЕРТ} = 269^{\circ}30'00''.$$

Обчислюють різниці відліків для горизонтального круга і суму відліків для вертикального.

$$КЛ_{ГОР} - КП_{ГОР} = 180^{\circ}00'20''.$$

$$КЛ_{ВЕРТ} + КП_{ВЕРТ} = 360^{\circ}00'20''.$$

Якщо різниця відліків ($КЛ_{ГОР} - КП_{ГОР}$) горизонтального і вертикального ($КЛ_{ВЕРТ} - КП_{ВЕРТ}$, якщо встановлено **Гориз** ± 90) кругів і сума (якщо встановлено **Горизонт** чи **Зенит**) відліків ($КЛ_{ВЕРТ} + КП_{ВЕРТ}$) вертикального круга відрізняються відповідно від 180° і 360° більше ніж $40''$, то прилад віддають у ремонт. Виправлення виконують переміщенням сітки ниток зорової труби на середні відліки.

Перевірка оптичного центрира

Умова. Візирна вісь оптичного центрира має збігатися з вертикальною віссю обертання приладу.

Установлюємо, за допомогою циліндричного чи електронного рівнів, вертикальну вісь приладу прямовисно. Установлюємо на землю в місці проектування сітки ниток оптичного центрира міліметровий папір. Відлічуємо проекцію центра сітки ниток на міліметровому папері, прийнявши за початок координат перетин найближчих грубих ліній міліметрового паперу, а за осі самі лінії (рис. 4.41) положення 1 ($X_1 = 2,2$, $Y_1 = 2,6$).

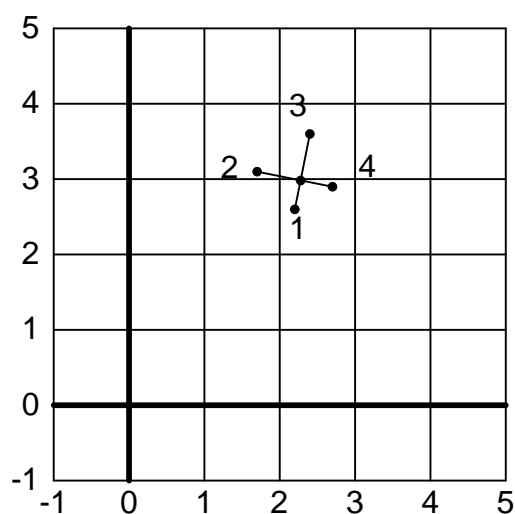


Рис. 4.41. До перевірки оптичного центрира.

Відлічуємо горизонтальний круг. Обертаємо алідадну частину приладу

(за відліками горизонтального круга) на 90° . Відлічуємо у цій самій системі координат проекцію сітки ниток на міліметровому папері (положення 2, $X_2 = 1,7$, $Y_2 = 3,1$). Обертаємо алідадну частину приладу ще на 90° , і знову відлічуємо проекцію сітки ниток на міліметровому папері (положення 3, $X_3 = 2,4$, $Y_3 = 3,6$). Ще раз обертаємо алідадну частину на 90° і відлічуємо на міліметровому папері проекцію сітки ниток (положення 4, $X_4 = 2,7$, $Y_4 = 2,9$).

Різниці відліків положень

$$1 \text{ і } 3 (Y_1 - Y_3 = 2,6 - 3,6 = + 1,0, X_1 - X_3 = 2,2 - 2,4 = - 0,2)$$

та положень

$$2 \text{ і } 4 (Y_2 - Y_4 = 3,1 - 2,9 = + 0,2, X_2 - X_4 = 1,7 - 2,7 = + 1,0)$$

мають бути меншими 1 мм. Якщо різниці більші, то відкручуємо кришку доступу до виправних гвинтів сітки ниток, і цими гвинтами переміщуємо сітку ниток на середнє значення відліків на міліметровому папері зі всіх положень ($X_{\text{СЕР}} = 2,2$, $Y_{\text{СЕР}} = 3,0$). Закручуємо кришку сітки ниток. Перевірку повторюємо.

Дослідження приладової поправки віддалеміра

Досліджують приладову поправку (ПП) на взірцевому базисі. На рис. 4.42 – цифри зверху означають номер знака, а внизу – віддалі між знаками взірцевого базиса у метрах.

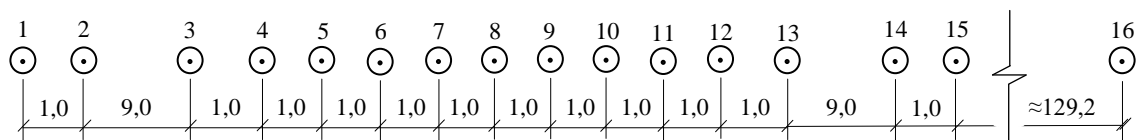


Рис. 4.42. Схема взірцевого базису

Для досліджень, на знаку 1 установлюємо електронний тахеометр, а на знаках 3 - 15 відбивач.

Висоту відбивача установлюємо такою самою як і висота приладу. Висоту відбивача, якщо потрібно, змінюють адаптером висоти або, незначно, обертаючи всі три підймальні гвинти підставки в один бік.

До початку вимірювань у функції ДЛН – приладову поправку установлюють такою, що дорівнює нулю.

Вимірюємо кожну нахилену (S) відстань 3-ма прийомами у режимі

ТОЧН_Уср з установленням кількості вимірювань 9.

Переставляємо прилад на знак 2 і ще раз так само вимірюємо кожну з відстаней.

Під час вимірювань кожної відстані на висоті приладу і відбивача, психрометром Ассмана, вимірюють температуру повітря і біля приладу атмосферний тиск. Уводимо ці дані в пам'ять приладу до початку вимірювання кожної відстані.

Записуємо виміряні відстані у табл. 4.3.

Використовують той самий відбивач під час визначення **ПП** і під час роботи. Для інших відбивачів **ПП** може бути іншою.

Таблиця 4.3.

Визначення приладової поправки приладу

Назва віддалі	Віддаль D_0 , мм	Результат вимірювання тахеометром $D_{\text{вим}}$, мм	$\Delta D_{\text{ц}} = (D_{\text{вим}} - D_0)$, мм	$\Delta = \Delta D_{\text{ц}} - \text{ПП}$, мм
1	2	3	4	5
1-2	1,0039	1,0314	+27,5	-1,84
1-3	9,9833	10,0121	+28,8	-0,54
1-4	10,9848	11,0127	+27,9	-1,44
1-5	11,9873	12,0167	+29,4	+0,06
1-6	12,9805	13,008	+27,5	-1,84
1-7	13,9879	14,0162	+28,3	-1,04
1-8	14,9798	15,0069	+27,1	-2,24
1-9	15,9831	16,0131	+30,0	+0,66
1-10	16,9825	17,0136	+31,1	+1,76
1-11	17,9816	18,014	+32,4	+3,06
1-12	18,9882	19,018	+29,8	+0,46
1-13	19,9996	20,034	+34,4	+5,06
1-14	28,9988	29,026	+27,2	-2,14
1-15	30,0012	30,0290	+27,9	-1,50
1-16	159,2497	159,2809	+31,2	+1,84
			ПП = -29.36	$m_D = 2.12$

У таблиці D_0 – віддаль між знаками виміряна з точністю більшою ніж 2 мм; $D_{\text{вим}}$ – виміряна тахеометром похила віддаль з уведеною поправкою за атмосферні умови.

Середнє зі значень 4 стовпчика і є **ПП₁**.

Визначивши так само ПП_2 із 2-го знака, обчислюємо середнє значення $\text{ПП} = (\text{ПП}_1 + \text{ПП}_2)/2$ і вводимо його у пам'ять приладу.

За визначеними різницями $\Delta = \Delta D_{\text{ц}} - \text{ПП}$ (табл. 4.3, ст. 5) обчислюють середню квадратичну похибку вимірювання лінії цим тахеометром. У наведеному прикладі для вимірювань з одного знака середня квадратична похибка вимірювання відстані дорівнює 2,12 мм

Перевірка коліматорного прицілу

Умова. Вісь коліматорного прицілу має бути паралельна візирній осі.

Візуємо зоровою трубою на чітко видну незброєним оком точку. Кінець стрілки коліматорного прицілу має проектуватися на спостережувану точку. Якщо не проектується, то попускаємо гвинти, якими приціл кріпиться до зорової труби, і, підставляючи між ним і трубою алюмінієву фольгу й обертаючи його, добиваємося збігання стрілки зі спостережуваною точкою. Закріплюємо попущені гвинти.

Перевірка бусолі

Умова. Стрілка бусолі має бути добре намагнічена і мати достатню чутливість.

Установлюємо південний кінець стрілки бусолі на середину бісектора обертанням алідадної частини наближено, а навідним гвинтом алідади – точно. Відлічуємо горизонтальний круг. Обертають декілька разів навідний гвинт алідади і знову встановлюємо вістря стрілки на середину бісектора. Ще раз відлічуємо горизонтальний круг. Так роблять декілька разів. Різниця відліків горизонтального круга після кожного установлення і є чутливістю бусолі.

Для перевірки намагніченості стрілки підносимо до стрілки бусолі залізний предмет і виводимо її з рівноваги. Після припинення дії на стрілку заліза стрілка бусолі має установитися на середині бісектора.

4.6. Будова, структура та функції головного меню електронного тахеометра Leica TCR 405 Ultra

Leica TCR 405 Ultra – електронний тахеометр, розроблений фірмою Leica Geosystems. У назві тахеометра *TCR 405 Ultra* індекси "TC" означають, що його обладнано інфрачервоним віддалеміром для виміру віддалей на призмові відбивачі. Індекс «R» свідчить, що тахеометр обладнано додатковим віддалеміром R1000 для роботи в режимі «без відбивача», а приставка «Ultra» характеризує максимально можливу віддаль, яку може виміряти даний віддалемір – 1000 м. Цифра 405 означає, що це тахеометр серії TPS 400 з середньою квадратичною похибкою виміру горизонтальних та вертикальних кутів 5". Для автоматичного врахування відхилень осі обертання приладу від вертикального напрямку під час вимірів, тахеометр обладнано двовісним оливним компенсатором. Крім цього передбачено автоматичну корекцій вимірів за колімаційну помилку місце зеніту, кривизну Землі, рефракцію. Графічний дисплей для налаштування приладу та введення необхідної цифрової та буквенної інформації обладнано підігрівом, що дозволяє виконувати спостереження при температурах до - 20°C. Внутрішня пам'ять тахеометра складає 768 Кб та розрахована на збереження до 18000 точок. Збереження даних здійснюється у стандартних форматах, крім цього є можливість: конвертування даних у типові формати (GSI, IDEX, ASCII, GTS 6/7, DXF). **TCR 405 Ultra** обладнано нескінченними навідними гвинтами та зоровою трубою з 30-разовим збільшенням. Центрування приладу та приведення його в робоче положення здійснюється з допомогою лазерного центрира та електронного рівня. Наближене наведення на спостережну ціль виконують звичайним або лазерним прицілом.

Пакувальна скринька електронного тахеометра (рис. 4.43) містить:

- електронний тахеометр (рис. 4.45);
- акумулятор (рис. 4.44, а);
- захисна кришка об'єктива;

- кабель для під'єднання зарядного пристрою (рис. 4.44, б);
- зарядний пристрій (рис. 4.44, в);
- додаткове приладдя: (бленда)

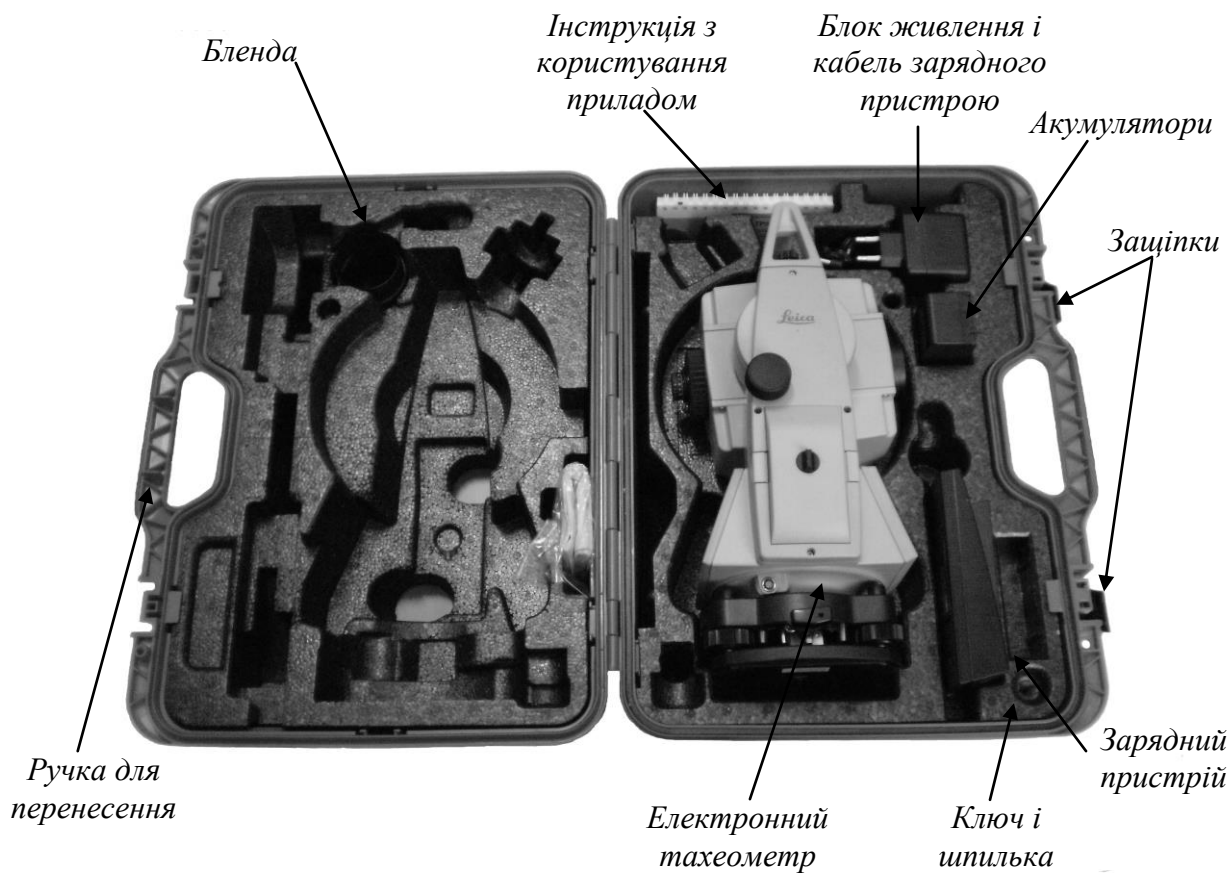


Рис. 4.43. Тахеометр Leica TCR 405 Ultra та приладдя в пакувальній скриньці

а



Вигляд акумулятора

б



Кабель для під'єднання зарядного пристрою

в



Зарядний пристрій з акумуляторами, під'єднаний до джерела живлення

Рис. 4.44. Акумулятор та приладдя для заряджання акумулятора

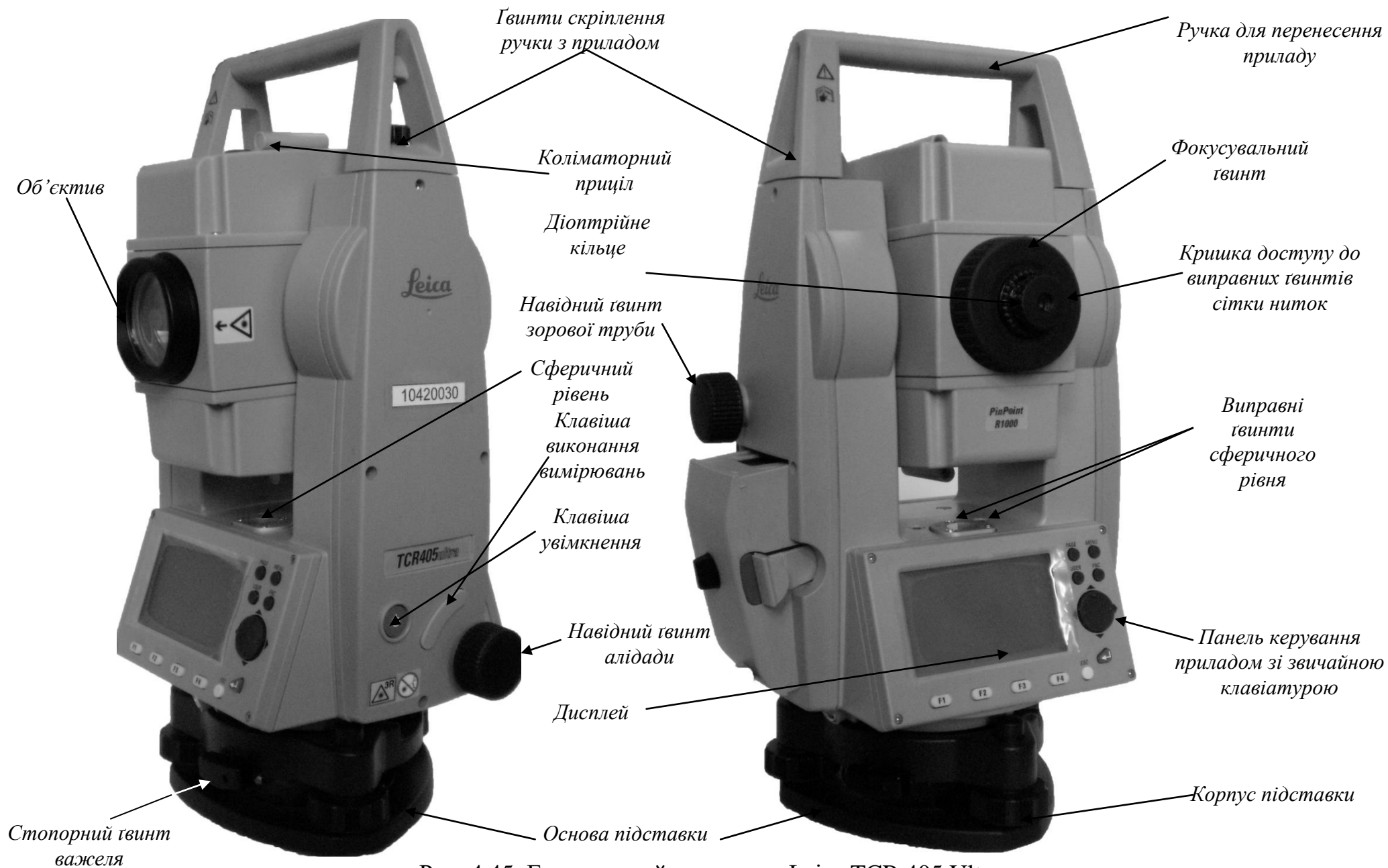


Рис. 4.45. Електронний тахеометр Leica TCR 405 Ultra

Більш детально технічні характеристики приладу, наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Технічні характеристики тахеометра Leica TCR 405 Ultra

Параметр	Характеристика
Зорова труба. Збільшення:	30 ^x
Зображення	40 мм
Поле зору:	1°30'(1,7града)
Поле зору на 100 м	2,6 м
Кутіві вимірювання Можливі одиниці вимірювань	360°, 400 градусів, 360° (десяткові), 6400 тисячних, V%, ±V
Середнє квадратичне відхилення при вимірах горизонтальних і вертикальних кутів	5" (1 мград)
Компенсатор	2 осьовий оливний компенсатор
Компенсація нахилів	±4' (0,074 града)
Точність компенсації	1,5" (0,5 мград)
Лазерний центрир. Точність:	Відхилення від прямовисної лінії 1,5 мм для висоти приладу 1,5м
Діаметр лазерної точки	2,5 мм/1,5 м
Дисплей. Підсвітка	Фонова
Підігрів	При темп. нижче -5°C
Роздільна здатність	280 x 160 Pixel
Габарити. Висота	360 мм ± 5 мм
Ширина	203 мм
Довжина	151 мм
Контейнер	468x254x355 мм
Вага (з акумулятором і трегером GDF111)	5,2 кг
Довжина осі обертання. Без трегера	196 мм
З трегером	240 мм ± 5 мм
Живлення. Акумулятор GEB121:	Nimh
Напруга	6В
Ємність	4200 мГод
Зовнішні джерела	Напруга має бути в межах 11,5 – 14 В
Діапазон температур	
Робоча температура	- 20°C ... + 50°C
Температура під час зберігання	- 40°C ... + 70°C
Вимір відстаней на відбивач (IR). Принцип	Фазові виміри
Тип лазера	Коаксіальний, червоний лазер видимого діапазону класу 3R
Довжина хвилі несучої	658 нанометрів

Точність Режими вимірів IR_FINE (тривалість виміру 2,4 с)	2 мм + 2 ppm
IR_FAST (тривалість виміру 0,8 с)	5 мм + 2 ppm
Tracking (тривалість виміру <0.15)	5 мм + 2 ppm
Вимір відстаней без відбивача (RL). Принцип	Фазові виміри
Тип лазера	Коаксіальний, червоний лазер видимого діапазону класу 3R
Довжина хвилі несучої	658 нанометрів
Точність Режими вимірів Standard (0 – 500 м) (тривалість виміру 3 – 6 с) м Standard (> 500 м) (тривалість	2 мм + 2 ppm 4 мм + 2 ppm
Tracking (тривалість виміру 0,25)	5 мм + 3 ppm

Діапазон вимірюваних довжин ліній на відбивач у звичайному (IR_Fine) та швидкому (IR_Fast) режимах роботи в трьох варіантах атмосферних умов 1 (Імла, видимість 5 км; або сонячний день при сильних коливаннях зображень); 2 (Легка імла, видимість до 20 км; помірно сонячний день, невеликі коливання зображень); 3 (Хмарність, відсутність імли, видимість до 40 км; коливання зображень відсутні) наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Діапазон вимірюваних ліній на відбивач електронним тахеометром
TCR405 Ultra.

Тип призми	Атмосферні умови		
	1	2	3
Стандартна призма	1800 m	3000 m	3500 m
Трипель призма	2300 m	4500 m	5400 m
Відбивач 360°	800 m	1500 m	2000 m
Катафоти 60мм х60мм	150 m	250 m	250 m
Міні призма	800 m	1200 m	2000 m
360° Міні призма	450 m	800 m	1000 m

Є ще один режим вимірювання віддалей **RL-prism**, він призначений для вимірювання довгих віддалей (від 1000 до 10000 м). Ця можливість реалізується використанням «без відбивачевого» віддалеміру для виконання

виміру на відбивач. Тут необхідно звернути увагу, що **використання режиму RL-prism для вимірювання віддалей менших за 1 км забороняється, не врахування цієї застороги може призвести до пошкодження приладу.** Діапазон віддалей при роботі в цьому режимі наведено у таблиці 4.6. Атмосфери і умови аналогічні до умов, наведених в таблиці 4.5.

Таблиця 4.6

Діапазон вимірюваних ліній на відбивач електронним тахеометром TCR405 Ultra в режимі RL-prism

Тип призми	Атмосферні умови		
	1	2	3
Стандартна призма	2200 m	7500 m	> 10000 m
Катафоти 60мм x 60мм	600	1000	1300

Тахеометр можна від'єднати від підставки (рис. 4.46). Для цього потрібно за допомогою викрутки, яка є у комплекті, попустити стопорний гвинт скріплювального важеля підставки і обернути важіль на 180° проти ходу годинникової стрілки. Тепер можна від'єднати тахеометр від підставки.

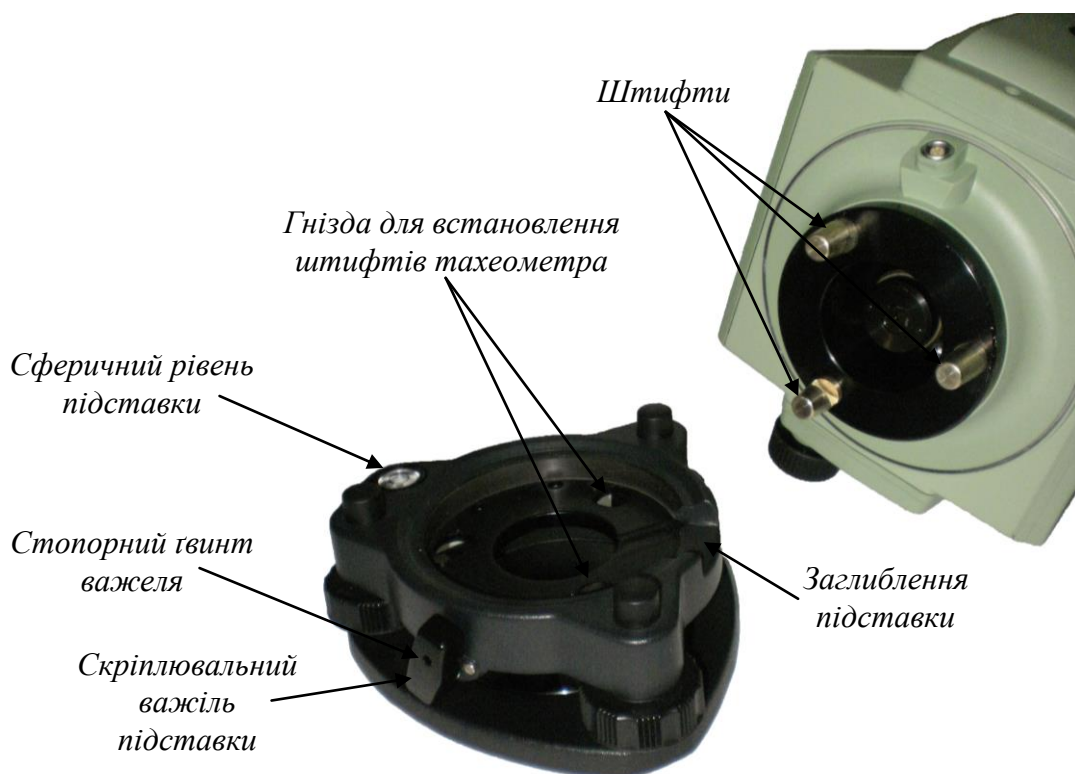


Рис. 4.46. Підставка від'єднана від тахеометра


Панель керування тахеометра Leica TCR 405 Ultra


Керування роботою тахеометра, введення необхідних даних, вибір режиму роботи виконують за допомогою панелі керування (рис. 4.45). Зовнішній вигляд панелі керування представлено на рисунку 4.47.

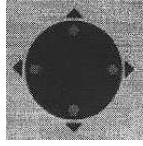






Рис. 4.47. Зовнішній вигляд панелі керування тахеометра Leica TCR 405 Ultra

Клавіші панелі керування:

- **[PAGE]** – перехід до наступної сторінки для діалогових вікон, що включають кілька сторінок;
- **[MENU]** – доступ до системної інформації, налаштувань приладу, до менеджера даних, меню перевірок та до параметрів обміну даними;
- **[USER]** – визначається для функції, обраної в меню FNC;
- **[FNC]** – швидкий доступ до функцій виконання вимірювань;
- **[ESC]** – вихід з діалогового вікна або режиму редагування з поверненням до попередніх значень. Перехід до найближчого верхнього рівня;
-  – підтвердження введення, перехід до наступного розділу;
- **[F1]...[F4]** – функційні клавіші. Вони розташовані в нижній частині дисплея і їм відповідають дисплейні функції. Наприклад з рис. 4.47 клавіші **[F1]** відповідає дисплейна кнопка «ВВОД», кнопки **[F2]** – «РАССТ», **[F3]** –

«ALL», [F4] – «»;

-  , , ,  – клавіша маніпулятор, дозволяє переміщувати курсор праворуч, ліворуч, вгору та вниз.

Центрування та приведення приладу в робоче положення

Вмикають прилад клавішею [Power]. Ця кнопка не належить до основної панелі керування і розташована на боковій колонці тахеометра (рис. 4.45.3). Після вмикання відкривається меню програми для виконання тахеометричного знімання, яке називається «СЪЕМКИ». Для центрування приладу та приведення його в робоче положення необхідно перейти до меню електронного рівня. Для цього натискаємо кнопку [FNC] > [Уровень/Отвес].

Меню електронного рівня наведено на рисунку 4.48.

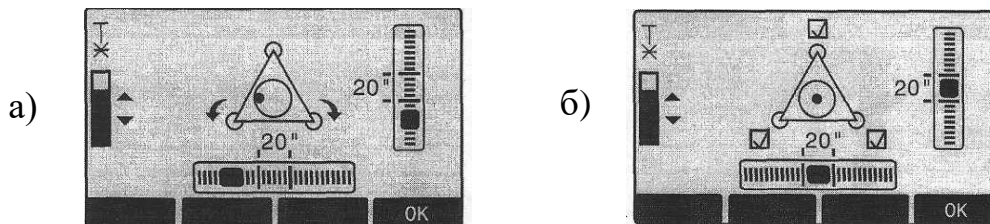


Рис. 4.48. Меню електронного рівня тахеометра TCR405 Ultra (до (а) і після (б) приведення приладу в положення робоче положення)

У центрі меню (рис. 4.48, а) бачимо зображення електронного рівня та стрілок, що вказують напрям обертання підймальних гвинтів. Після приведення приладу в робоче положення стрілки зміняться на пташки, а точка в середині трикутника, яка відображає бульбашку займе центральне положення (рис. 4.48, б). Одночасно з входом до меню електронного рівня вмикається лазерний центрир. Зовнішні умови освітленості й тип земної поверхні можуть викликати необхідність зміни інтенсивності випромінювання лазерного пучка. За необхідності яскравість лазерного виска можна регулювати кроками по 25% кнопками для роботи з дисплеєм (рис. 4.49). Для повернення до меню «СЪЕМКИ» натискаємо кнопку [F4], під написом на дисплеї «ОК».

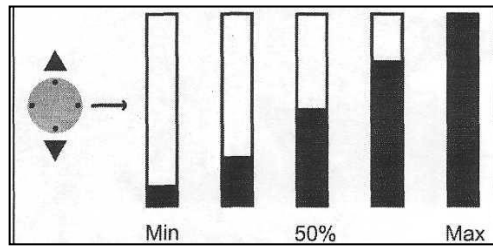


Рис. 4.49. Регулювання інтенсивності випромінювання лазерного центрира.

Структура та функції головного меню тахеометра

Для виклику головного меню натискаємо кнопку [MENU]. Головне меню складається з 10 меню, які розташовані на трьох сторінках. Перехід зі сторінки на сторінку виконують кнопкою [PAGE]. Розглянемо кожне підменю тахеометра.

Меню «ПРОГРАММИ»



Використовують для налаштування системи польових вимірів та прикладних програм. Користувач може сам вибирати набір програм, які завантажаться після запуску меню. Меню включає такі програми:

- «*Surveying*» (*Съемка*) – для виконання тахеометричного знімання;
- «*Setting Out*» (*Разбивка*) – для винесення точок на місцевість;
- «*Free Station*» (*Привязка станции*)– для розв’язування оберненої геодезичної задачі;
- «*Reference Line*» (*Базовая линия*) – для винесення в натуру осей споруд та їхнього контролю, винесення прямолінійних сегментів осьових ліній доріг та контролю їхнього положення;
- «*Tie Distance*» (*Косвенные измерения*) – дозволяє в режимі online обчислювати похилі віддалі, горизонтальні проекції, перевищення й дирекційні кути між точками, обраними з пам’яті або заданими із клавіатури;
- «*Area & Volume*» (*Площадь 3D и объем*) – дозволяє визначати площі полігонів, що включають до 50 точок межі. Точки можна вимірювати, вибирати з пам’яті або вводити із клавіатури в напрямів обходу полігона за годинниковою стрілкою. Обчислена площа проектується на горизонтальну

площину (2D) або на похилу базову площину, задану трьома точками (3D). Крім того можна обчислити об'єм відносно 2D\3D площі за умови постійної висоти відбивача;

- **«Remote Height» (Определение отметки недоступной точки)** – дозволяє визначати висоту недоступної точки за допомогою вимірів на відбивач, встановлений під такою точкою;

- **«COGO»** – у якій виконуються обчислення методами координатної геометрії таких величин, як: координати точок, дирекційні кути напрямів між точками, віддалі між точками. Основні методи COGO наступні: обернена задача і поперечні розмічування, засічки, зсув лінії, продовження лінії;

- **«Базовая плоскость»** – використовується для визначення положення точок відносно заданої площини, площина задається трьома точками;

- **«Construction» (Строительство)** – дозволяє визначити межі будівельного майданчика за допомогою налаштування приладу по будівельній осі, вимірювання та визначення положення точок відносно цієї осі.

Меню «Settings» (ОБЩИЕ НАСТРОЙКИ)



Це меню надає доступ до ряду налаштувань, які надають можливість користувачу налаштувати прилад для своїх потреб. Меню включає наступні програми:

➤ **«Контраст»** – розділ для налаштування контрасту дисплея кроками по 10%;

➤ **«Триггер»** – налаштування роботи цієї клавіші, яка розташована на боці колонки приладу:

- «Выкл» –клавіша вимкнення.

- «ALL» – будуть прописані функції дисплейної клавіші [ALL].

- «РАССТ» – будуть прописані функції дисплейної клавіші [РАССТ.].

➤ **«Кнопка USER»** – розділ для налаштування клавіші USER (будь яку функцію з меню FNC можна закріпити за даною клавішею);

➤ **«Корр. наклона»** – розділ налаштувань компенсації нахилу:

- «Выкл» – компенсація нахилу осі обертання приладу відключена;
- «По 1-ой» – вертикальні кути будуть вимірюватися відносно прямовисної лінії.
- «По 2-м» – горизонтальні кути будуть корегуватися за нахил осі обертання приладу.
- «Учет колл. ош.» – опція врахування колімаційної помилки:
 - «Вкл.» – колімаційна помилка враховується.
 - «Выкл.» – помилка за колімацію не буде вводиться.
- «Подсв. сет. нит.» – розділ для налаштування підсвічування сітки ниток, (сітка ниток підсвічується тільки при включеній підсвітці дисплею):
 - «Слабая» – слабкий рівень підсвічування.
 - «Средняя» – середній рівень підсвічування.
 - «Яркая» – яскраве підсвічування.
- «Под. дисплея» – розділ в якому є можливість налаштувати функцію підігріву дисплею:
 - «Выкл.» підігрів дисплею виключений.
 - «Вкл» – підігрів дисплею автоматично вмикається при увімкненому підсвічуванні і температурі нижче ніж 5°C.
- «SecBeep» – розділ для налаштування секторного звукового сигналу:
 - «Выкл» – секторний звуковий сигнал відключений.
 - «Вкл.» – звуковий сигнал буде подаватися при відліках по горизонтальному кругу, кратних (0°, 90°, 180°, 270° або 0,100, 200, 300 град).
- «Звук. Сигнал» – розділ налаштування звукового сигналу при натисканні клавіш:
 - «Выкл.» – звуковий сигнал вимкнений.
 - «Норм.» – нормальна гучність.
 - «Громкий» – підвищена гучність.
- «Настройка ВК» – розділ для налаштування системи відліків по ВК для вимірювання зенітних віддалей, вертикальних кутів або відхилення від горизонтальної площини у відсотках:

- «З. расист» – зеніт = 0° , Горизонт = 90° .
- «Вт. Угол» – зеніт = 90° , Горизонт = 0° .
- «Уклон(%)» – $45^\circ = 100\%$, Горизонт = 0° .

➤ **«Шаг по ГК»** – розділ для налаштування відліків по горизонтальному крузі:

- «Вправо» – вимірювання кутів за годинниковою стрілкою (праві кути).
- «Влево» – Вимірювання кутів проти годинникової стрілки (ліві кути).

Кути тільки відображаються на дисплеї, а в пам'ять вносяться праві кути.

➤ **«Язык»** – розділ, в якому відображаються мови, завантажені в прилад;

➤ **«Выбор языка»** – розділ для вибору мови меню:

➤ **«ВВОД»** – розділ, в якому можна вибрати методи вводу букв і цифр:

- «Метод 1» – стандартний метод.
- «Метод 2» – покращений метод.

➤ **«Един. изм. угл»** – розділ в якому проводиться вибір кутових величин:

- «° ' "» – градуси, мінути, секунди. Допустимі значення: $0^\circ - 359^\circ 59' 59''$.
- «Грады» – гради. Допустимі значення: $0 - 399.999$ град.
- «° и доли» – градуси і доли градуса. Допустимі значення: 0° до $359,999^\circ$.
- «Тысячные» – тисячні. Допустимі значення: $0 - 6399.99$ mil.

Вибір кутових величин можна проводити в будь який момент і при цьому величини, які виводяться на дисплей будуть переведені у вибрану систему одиниць.

➤ **«Мин. отсчет»** – у даному розділі можна вибрати один з 3 ступенів дисплейної індикації:

- Для системи «° ' "»: $0^\circ 00' 01'' / 0^\circ 00' 05'' / 0^\circ 00' 10''$
- Для системи «Грады»: 0.0001 град/ 0.0005 град/ 0.001 град
- Для системи «° и доли»: $0.0001^\circ / 0.0005^\circ / 0.001^\circ$
- Для системи «Тысячные»: 0.01 mil/ 0.05 mil/ 0.10 mil

➤ **«Еди. изм. рас.»** – розділ для вибору одиниць вимірювання відстаней:

- «метры» – метри.
- «Футы США» – фути США.

- «Межд. Фут» – міжнародні фути.

- «Футы и 1» – фути США–дюйми–1/16 дюйма.

➤ «*Един, расст.*» – розділ, в якому можна обрати кількість знаків після коми, які будуть виводитись на дисплей приладу під час вимірів. Можна обрати 3 або 4 знаки.

➤ «*Температура*» – вибір індикації температури в °C (градусах Цельсія) або °F (градусах Фаренгейта).

➤ «*Давление*» – вибір індикації тиску mbar (мілібари), hPa (гектопаскалі), mmHg (міліметри ртутного стовпчика), inHg (дюйми ртутного стовпчика).

➤ «*Авт. откл.*» – розділ, в якому можна налаштувати автоматичне вимкнення приладу:

- «Да» – прилад буде автоматично вимикатися, якщо протягом 20 хвилин не виконувалися жодні дії, тобто не натискались клавіші, а положення візирної труби по висоті або по азимуту не змінювалося більше ніж на 3'.

- «Нет» – режим економії відключений.

- «Эк. Реж» – режим економії. Прилад буде активуватись при натисканні будь якої клавіші.

➤ «*Вывод данных*» – цей розділ дає можливість обрати збереження даних в пам'яті приладу чи зовнішні пристрої, якщо вони підключені.

➤ «*GSI 8/16*» – розділ для вибору типу вихідного GSI формату.

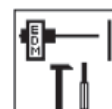
➤ «*Mask*» – розділ для вибору маски для даних формату GSI.

- «Маска 1» – PtID, For, V, SD, ppm+mm, hr, hi.

- «Маска 2» – PtID, Top, V, SD, E, N, H, hr.

- «Маска 3» – Y, X, H, hi (станція); Ori, Y, X, H, hi (результати прив'язки); PtID, Y, X, H (контроль); PtID, Hz, V (установка азимута); PtID, Hz, V, SD, ppm+mm, hr, Y, X, H (виміри).

Меню «НАСТРОЙКИ «EDM»



Даний пункт меню призначений для налаштування віддалеміра.

- «*Режим EDM*» – в приладах класу TCR доступні різні налаштування

віддалеміра EDM для вимірювання на відбивач (ИК) та для вимірів без відбивача (RL). Залежно від вибраного режиму вимірювань можна вибрати різні типи відбивачів

- «*Тип отражателя*» – вибір типу відбивача (таблиця 4.8)
- «*Пост, слагаемое*» – розділ для введення постійної складової.

Допустимі значення: від -999.9 до +999.9 мм.

- «*Лазерный визир*» – режим для увімкнення або вимкнення лазерного візира.

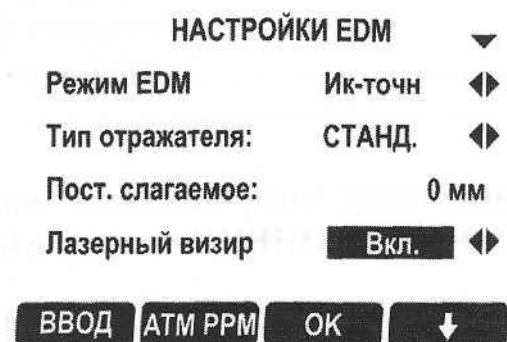


Рис. 4.50. Меню «Настройки EDM»

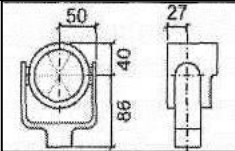
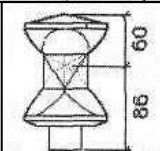
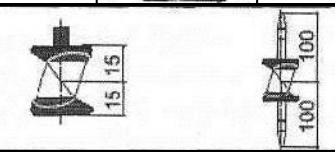
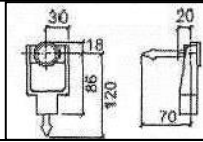
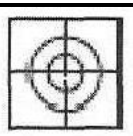
Таблиця 4.7

Режими виміру віддалі

Режим	Характеристика режиму
<i>ИК-точн</i>	Режим високоточних вимірів на призму (2 мм + 2 ppm)
<i>ИК-быст</i>	Режим швидких вимірів з меншою точністю (5 мм + 2 ppm)
<i>ИК-Track</i>	Режим стеження, безперервні виміри віддалей (5 мм+2 ppm)
<i>ИК-Tape</i>	Вимірювання на відбивач типу Retro (5 мм + 2 ppm)
<i>RL-Short</i>	Режим без відбивача з точністю (<500 м: 2 мм + 2 ppm і > 500 м: 4 мм + 2 ppm)
<i>RLTrack</i>	Режим стеження, безперервні виміри віддалей (5 мм + 2 ppm)
<i>RL-Prism</i>	Режим вимірювання великих відстаней з використанням призми

Застереження: При виконанні вимірювань в режимі без відбивача (RL) на відстані до 500 м ЗАБОРОНЕНО проводити виміри на відбивач!

Типи відбивачів

Призма	Постійна складова	Зовнішній вигляд
<i>Стандартна призма</i> (кругла) GPH1+GPR1	0,0	
<i>Відбивач 360°</i> GRZ4	+23,1	
<i>360° Міні-призма</i> GRZ101	+30,0	
<i>Міні-призма</i> GMP101/102	+17,5	
<i>JPMINI</i>	+34,4	Міні-призма
<i>Катафот</i>	+34,4	
<i>USER</i>	—	Постійна складова встановлюється в меню Prismconst: mm+34,4. Наприклад для mm=14 необхідно задати = -14+34,4=20,4
<i>RL</i>	+34,4	Без відбивача

Меню «МЕНЕДЖЕР ФАЙЛОВ»



МЕНЮ РАБОТЫ С ФАЙЛАМИ 1/2

- F1 Проект
- F2 Твердые точки
- F3 Измерения
- F4 Коды




МЕНЮ РАБОТЫ С ФАЙЛАМИ 2/2 ▲

- F1 Инициализация памяти
- F2 Статистика

Рис. 4.51. Меню «МЕНЕДЖЕР ФАЙЛОВ»

В цьому підпункті (рис. 4.51) отримуємо доступ до функцій пов'язаних з введенням, редагуванням та контролем результатів польових вимірів.

- **«Проект»** – розділ, в якому є можливість обрати потрібний проект і отримати інформацію про нього. Для пошуку проекту використовується клавіша . [УДАЛИТЬ] – видалення виділеного проекту, [ОК] – вибір проекту, [НОВОЕ] – відкриття нового проекту.

- **«Твердые точки»** – розділ для редагування твердих точок. [УДАЛИТЬ] – видалення вибраної твердої точки, [ПОИСК] – початок пошуку точки, [НОВОЕ] – запис ідентифікатора і координат твердої точки, [РЕД] – редагування даних.

- **«Измерения»** – результати вимірів, які записані в пам'ять приладу є доступними для їх пошуку, виведення на дисплей та видалення.

- **«Коды»** – розділ для створення, редагування та видалення кодів. Для кожного коду можна задати опис і максимум 8 атрибутів по 16 символів.

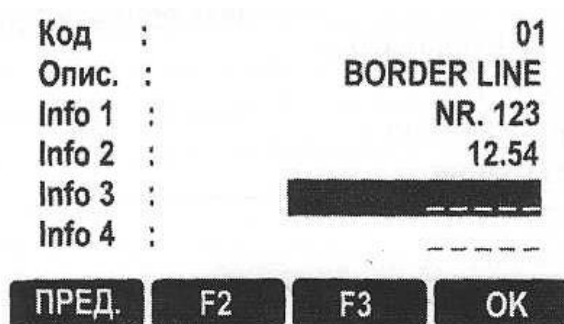
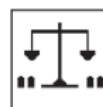


Рис. 4.52. Меню «Коды»

- **«Инициализация памяти»** – розділ для видалення проектів або блоків даних з них. [УДАЛИТЬ] – видалення виділеного сегменту даних, [ALL] – видалення всіх даних з пам'яті. Відновити видалену інформацію неможливо.

- **«СТАТИСТИКА»** – за допомогою даного розділу можна отримати статистичний звіт про проекти, які є в пам'яті, а саме: кількість твердих точок, кількість записаних в пам'ять блоків даних (вимірних точок, кодів об'єктів і т.п.), кількість вільних або незаданих проектів.

Меню «КАЛИБРОВКА»

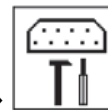


В цьому пункті меню виконують основні перевірки приладу:

[F1] – колімаційна помилка;

[F2] – місце нуля (зеніту);

[F3] – переглянути результати перевірок.



Меню «ПАРАМЕТРЫ ОБМЕНА ДАННЫМИ»

Цей пункт меню надає можливість налаштувати комунікаційні параметри приладу.

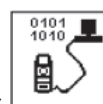
- **«Скорость передачи»** – вибір швидкості передачі даних: 2400, 4800, 9600, 19200 (біт на секунду).

- **«Биты данных»** – вибір 7 або 8. [7] – передача даних проводиться пакетами по 7 біт. Це значення встановлюється автоматично, якщо парність вибрана як [Четность] або [Нечетность]. [8] – передача даних проводиться пакетами по 8 біт. Встановлюється автоматично, якщо парність встановлена [Нет].

- **«Четность»** – [Четность] – парні, [Нечетность] – непарні, [Нет] – перевірка парності не проводиться (якщо біти даних встановлені 8).

- **«Конечная метка»** – є можливість обрати [CRLF] – повернення курсору; перехід на новий рядок. [CR] – повернення курсору.

- **«Стоп-биты»** – по замовчуванню встановлено 1.



Меню «ОБМЕН ДАННЫМИ»

Цей пункт меню надає можливість передавати дані на комп'ютер. Є такі доступні підпункти:

- **«Проект»** – вибір проекту, дані з якого повинні бути передані на комп'ютер;

- **«Дата»** – вибір сегменту передачі даних. По замовчуванню це формат GSI;

- **«Формат»** – формат даних, які передаються;

- **[SEND]** – клавіша для запуску передачі даних.

Ідентифікатори формату GSI

Ідентифікатор формату	
11	PtID (ідентифікатор)
21	Відлік по ГК
22	Вертикальний кут
25	Орієнтування
31	Похила віддаль
32	Горизонтальне прокладення
33	Перевищення
41-49	Коди і. атрибути
51	ppm [в мм на км]
58	Постійна складова відбивача
81-83	Координати (E, N, H) точки спостереження
84-86	Координати (E, N, H) точки стояння
87	Висота відбивача
88	Висота приладу

Меню «СИСТЕМНАЯ ИНФОРМАЦИЯ»

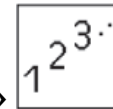


Пункт меню, в якому відображається корисна інформація для роботи:

- **«Аккумулятор»** – індикація заряду акумулятора.;
- **«Темп. INSTR»** – температура приладу;
- **«Дата»** – поточна дата;
- **«Время»** – поточний час;
- **[ДАТА]** – клавіша для встановлення дати (доступні формати ДД.ММ.ГГГГ., ММ.ДД.ГГГГ., ГГГГ.ММ.ДД.);
- **[ВРЕМЯ]** – клавіша для встановлення часу;
- **[ПО]** – клавіша для перегляду програмного забезпечення приладу

(Опер. Система, Прикладное ПО, Раскладка, Instr, Type, Serial Number).

Меню «ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ»



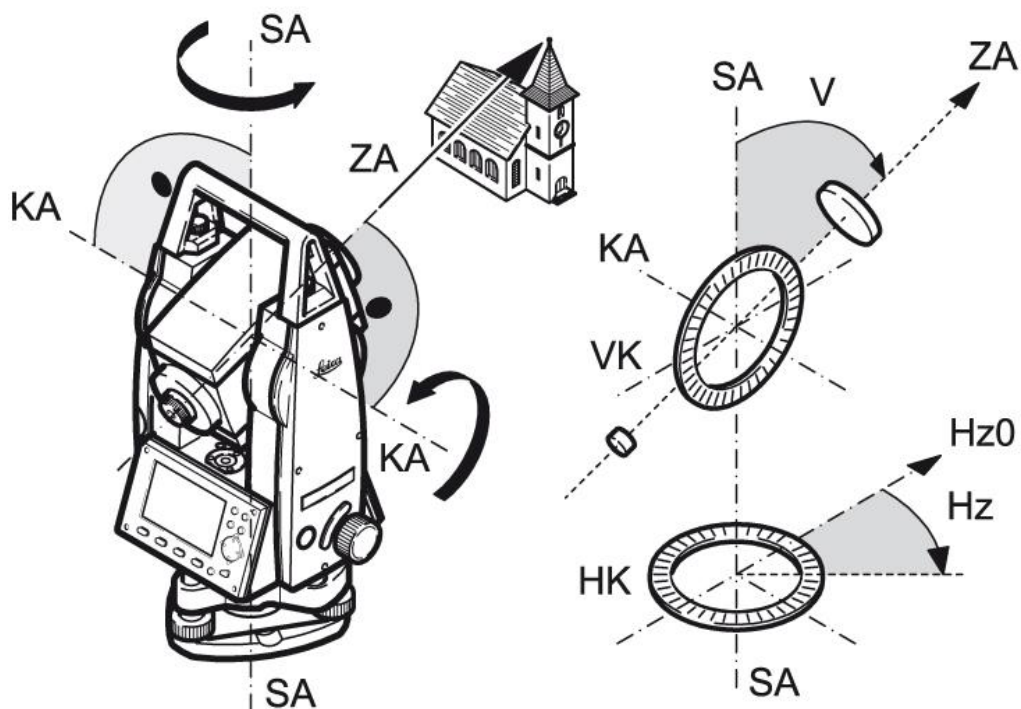
За допомогою цього розділу є можливість встановити вікно, з яким починає працювати прилад при його ввімкненні. [ОК] – зберегти поточні налаштування. [ЗАПИСЬ] – визначаються клавіші, які при запуску тахеометра спрацьовують автоматично. [ИГРАТЬ] – клавіша, яка запускає записану послідовність.

Меню «НАСТРОЙКИ PIN»



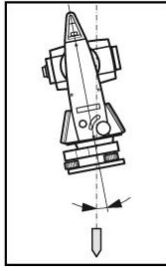
Розділ для налаштування блокування тахеометра рін-кодом. Якщо дана функція увімкнена і рін-код введений 5 разів не правильно, для розблокування буде потрібний PUK-код (зазначений в документах до приладу). Після введення правильного PUK-коду PIN буде по замовчуванню встановлений «0» і захисна функція відключена.

Технічна термінологія

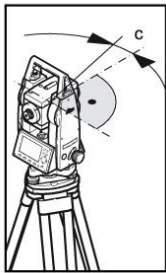


ZA – візирна вісь / лінія візування. Візирна вісь – це пряма, через центр

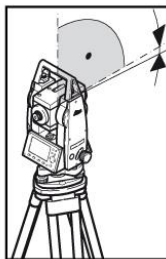
сітки ниток і центр об'єктива.



Нахил осі обертання приладу – це кут між прямовисною лінією і віссю обертання приладу. Цей нахил не є інструментальною похибкою і з цієї причини не виключається з результатів шляхом вимірювань при двох кругах, а тільки за допомогою компенсатора.



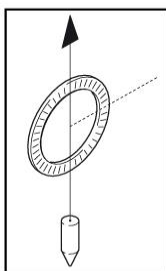
Похибка положення візирної осі (колiмаційна похибка). **Колiмаційна похибка** – це відхилення кута між віссю обертання труби і візирною віссю від прямого кута. Вона виключається шляхом виконання вимірювань при двох положеннях вертикального круга (КП і КЛ).



Місце zenіту (M0) вертикального круга. При горизонтальному положенні візирної осі відлік по вертикальному крузі повинен бути рівний точно 90° (100 град). Відхилення від цих значень називають місцем zenіту (**i**).



Лінія виска / Компенсатор. Це напрямок дії сили тяжіння. Компенсатор повинен задавати прямовисну лінію для приладу.



Zenіт. Точка лінії виска, розташована над спостерігачем.

SA – вісь обертання приладу;

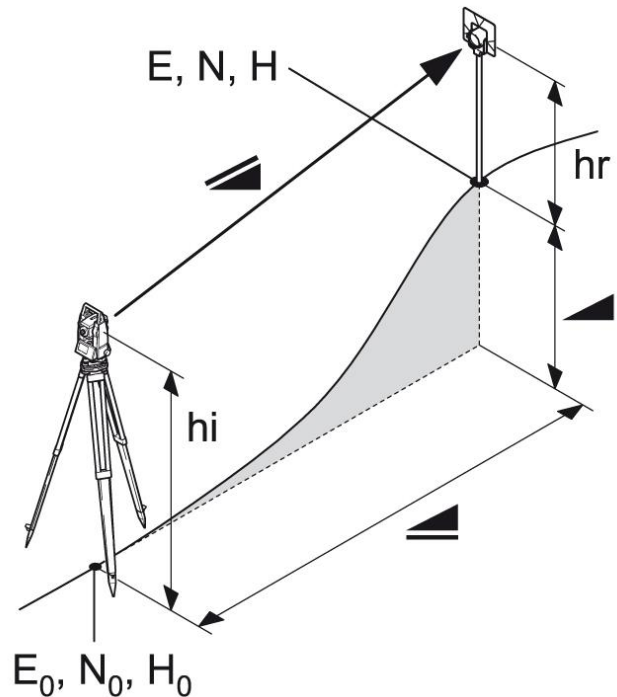
КА – вісь обертання зорової труби;


V – вертикальний кут / zenітна відстань;


VК – вертикальний круг з пристроєм кодування вертикальних кутів;


Гор – горизонтальний кут;

НК – горизонтальний круг з пристроєм кодування горизонтальних кутів.



 – скоригована метеопоправками *похила відстань* між віссю обертання приладу та центром відбивача або прямою лазерного променя;

 – скориговане метеорологічними поправками *горизонтальне прокладання*;

 – *перевищення* між точкою установлення приладу та вимірюваною точкою;

hr – висота відбивача над землею;

hi – висота інструменту;

E0 – ордината (Y) точки стояння (Easting);

N0 – абсциса (X) точки стояння (Northing);

H0 – відмітка точки стояння;

E – ордината (Y) вимірюваної точки;

N – абсциса (X) вимірюваної точки;

H – відмітка вимірюваної точки.

4.7. Будова, структура та функції головного меню електронного тахеометра Leica TPS 1205+

Тахеометри Leica TCR1200 + це високоефективні електронні тахеометри повністю сумісні з GNSS-апаратурою. В основі системи лежить новий користувацький інтерфейс і безліч функцій, потужний менеджер даних і можливість створення власних програм – загальні для TPS і GNSS. Унікальні технології, що застосовуються в тахеометрі Leica TCR1200 +, забезпечують найвищу продуктивність знімальних робіт.

При використанні SmartStation не обов'язково мати визначенні координати опорних пунктів, прокладання ходів і виконання обернених засічок. Просто встановити прилад в потрібному місці та натиснути клавішу GPS. Координати станції визначаються за допомогою RTK технології за кілька секунд з сантиметровою точністю на відстані до 50 км від базової GNSS станції.

Моделі тахеометрів:

ТС – базова модель тахеометра;

ТСR – тахеометр, що дозволяє проводити безвідбивачеві вимірювання;

ТСRM – тахеометр, забезпечений сервоприводами і дозволяє проводити безвідбивачеві вимірювання;

ТСА – автоматизований тахеометр;

ТСР – автоматизований тахеометр, забезпечений сервоприводами і сенсором для пошуку відбивача (система ATR – система автоматичного наведення на відбивач);

ТСРА – автоматизований тахеометр, що дозволяє проводити безвідбивачеві вимірювання;

ТСРР – автоматизований тахеометр, забезпечений сервоприводами, сенсором для пошуку відбивача (система ATR) і що дозволяє проводити безвідбивачеві вимірювання.

Серія електронних тахеометрів компанії Leica Geosystems TPS1200+ створена на основі тахеометрів TPS1200. Тахеометри поставляються з двома

модифікаціями безвідбивних далекомірів – R400 і R1000, що відрізняються потужністю джерела випромінювання і діапазоном вимірювань. Вимірювання відстаней здійснюються в наступних режимах, що відрізняються швидкістю і точністю вимірювань: стандартні вимірювання, швидкі вимірювання, режим стеження, режим середніх вимірів. Тахеометри мають сенсорний дисплей, вбудовану пам'ять, роз'єм для карт пам'яті CompactFlash, вбудоване програмне забезпечення і поставляються з пакетом прикладних програм «Leica Geo Office», обмін даними з якими здійснюється через інтерфейсний порт RS232.

Тахеометри серії TPS 1200 + Leica випускаються у великій кількості модифікацій, що дозволяє підібрати прилад за необхідними вимогами і не переплачувати за ті можливості тахеометра, які не будуть використовуватися користувачем. Разом з цим є можливість розвитку до більш технологічних модифікацій. У модельному ряду серії є наступні моделі: TCR1201+, TCR1202+, TCR1203+, TCR1205+. Всі моделі тахеометрів серії Leica TPS1200+ можуть бути модернізовані до SmartStation.

Тахеометри Leica TPS1200+ мають наступні класи кутової точності: 1", 2", 3", 5". У стандартній комплектації електронних тахеометрів Leica TPS1200+ мають наступний набір прикладних програм:

- **установка** (Setup) – налаштування і орієнтування приладу різними способами: за *дирекційним кутом* (Set Azimuth), *відносно станції з відомими координатами* (Known Backsight point), *орієнтування за декількома напрямками* (Orientation & Height Transfer), *обернена засічка* (Resection); *обернена засічка по Гельмерту*; *прив'язка в локальну систему координат*.

- **зйомка** (Survey) - режим проведення топографічного знімання;

- **розбивка** (Stakeout) - винос в натуру різними способами: полярним, методом перпендикулярів, за зміненими координатами пунктів, з графічної карти;

- **COGO** (координатна геометрія) - обчислення координат точок різними геометричними методами та інші. У програмі реалізовані: пряма і обернена геодезична задача, обчислення довжини дуги, різні комбінації перетинів

(азимут-азимут, віддаль-віддаль, азимут-віддаль, за 4-ма точками), обчислення координат точок, розташованих на одній лінії, поділ площі.

- *выбор системы координат*;

- *GPS-съёмка*.

Також стандартними програмами для тахеометрів, підготовлених до GPS знімання (SmartStation) є: перетворення координат (Determine Coordinate System) і GNSS знімання. Якість GPS вимірювань і точність позиціонування в плані і по висоті залежать від цілого ряду чинників, таких як кількість супутників, геометрія їх розташування, тривалість спостережень, точність ефемерид, стан іоносфери, багатопроменевість і якість роздільної здатності неоднозначностей.

Технічні характеристики

Кутові вимірювання: - СКО вимірювання кута - 5 ";

Вимірювання відстаней: в режимі роботи з відбивачем (IR):

Таблиця 4.10

Режими вимірювання ліній з відбивачем

<i>Режим лінійних вимірювань</i>	<i>Точність вимірювань</i>	<i>Час одного виміру</i>
Стандартні	1 мм + 1,5 ppm	2,4 сек
Швидкі	3 мм + 1,5 ppm	0,8 сек
Слідкування	3 мм + 1,5 ppm	<0.15 сек

У безвідбивачевому режимі (RL): технологія PinPoint R1000 – *діапазон*: від 1,5 м до 1200 м; *точність*: до 500 м - 2 мм +2 ppm, більше 500 м - 4 мм +2 ppm; *час одного виміру*: 3-6 секунд.

Виміри на велику відстань (LO): *діапазон* від 1000 до 12000 м, *точність* 5мм +2 ppm.

Зорова труба: збільшення - 30 крат; *поле зору* - 2,7 м на 100 м.

Компенсатор: 2-х осьовий компенсатор; величина компенсування нахилів $\pm 4'$; *точність компенсації*: 0,5".

Чутливість рівнів: *сферичний рівень*: 6 ' / 2 мм; *електронний рівень*: 2".

Клавіатура: 34 клавіші з підсвічуванням, включаючи 12 функціональних та 12 алфавітно-цифрових.

Дисплей: кольоровий сенсорний VGA (320x240 pixels) з підтримкою LCD-графіки і підсвічуванням, підігрів автоматичний (при температурі нижче - 5° C).

Лазерний висок:

- тип: червоний лазер видимого діапазону, клас 2;
- розташування: на осі обертання тахеометра;
- точність: відхилення від прямовисної лінії 1,5 мм при висоті інструмента 1,5 м;
- діаметр лазерної плями: 2,5 мм при висоті інструмента 1,5 м.

Живлення: • внутрішня батарея: Li-Ion, напруга: 7,4 В, 3,8 Ач, час роботи - 6-8 годин;

- зовнішня батарея: NiMh, напруга: 12 В, 8 Ач, час роботи - 20-24 години.

Запис результатів вимірювань: компактна CF-карта обсягом 64 або 256 мБт, кількість вимірювань 1 мБт пам'яті – 1750.

Робоча температура: від - 35° до +50°С

Захист від пилу та вологи: IP54

Характеристики SmartStation

Точність позиціонування: в плані: 10 мм+1 ppm; по висоті: 20 мм+1 ppm; при роботі в мережах референц-станцій точність позиціонування відповідає точності, що гарантується в таких мережах.

Ініціалізація: • метод: кінематика реального часу (RTK);

- імовірність успішної ініціалізації: більш 99,99%;
- час ініціалізації: зазвичай 8 сек, за п'ятьма або більше супутниками на L1 і L2;
- діапазон: до 50 км, за умови гарного радіозв'язку.

Формати даних RTK: формати прийнятих даних: формати режиму реального часу Leica GPS iGNSS, CMR, CMR +, RTCM V2,1 / 2,2 / 2,3 / 3,1.

Технічні характеристики Smart-антени

Комплектація Smart-антени вибирається залежно від її подальшого використання. Нижче наведено опис варіантів комплектації Smart-антени.

Smart-антена:

- *модель: ATX1230 + GNSS;*

- *опис: GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Compass: Антена SmartTrack+ з нижньою пластиною;*

- *використання: 3 RX1250 або TPS1200 +;*

- *модель: GS09\$;*

- *опис: GPS, ГЛОНАСС: Антена SmartTrack+ з нижньою пластиною;*

- *використання: 3 CS або TPS1200 +.*

Габарити:

- *висота: 0,089 м;*

- *діаметр: 0,186.*

Конектор:

- 8-контактне гніздо LEMO для підключення антенного кабелю (застосовується в тих випадках, коли Smart-антена встановлюється на віху для роботи з RX1250);

- спеціальний кліпсові інтерфейс для підключення Smart-антени до адаптеру Smart-антени TPS1200 +.

Встановлення: дюймова різьба 5/8 ".

Вага: 1,1 кг з батарейкою GEB211/GEB212

Живлення:

- *енергоспоживання: зазвичай 1,8 Вт, 270 мА;*

- *напруга зовнішнього джерела живлення: номінально 12 В пост. струму (GEV197 Smart-антена для передачі даних та е/живлення), діапазон напруг: 10,5 - 28 В пост. струму.*

Внутрішній акумулятор:

- *тип: Li-Ion;*

- *напруга: 7,4 вольт;*

- *ємність: GEB211: 2,2 А / год / GEB212: 2,6 А / год;*

- *звичайний час експлуатації без підзарядки: GEB211: 5,7 год / GEB212: 6,5 год.*

Електричні параметри:

- частота:
- підсилення: зазвичай 27 dBi;
- рівень шумів: зазвичай <2 dBi.

ATX1230 + GNSS:	GS-09
GPS L1 1575,42 МГц	GPS L1 1575,42 МГц
GPS L2 1227,60 МГц	GPS L2 1227,60 МГц
ГЛОНАСС 1602,5625 МГц -1611,5 МГц	ГЛОНАСС 1602,5625 МГц - 1611,5 МГц
ГЛОНАСС 1246,4375 МГц -1254,3 МГц	ГЛОНАСС 1246,4375 МГц - 1254,3 МГц
Galileo E1 1575,42 МГц	—
Galileo E5a 1176,45 МГц	—
Galileo E5b 1207,14 МГц	—
Galileo Alt-BOC 1191,795 МГц	—

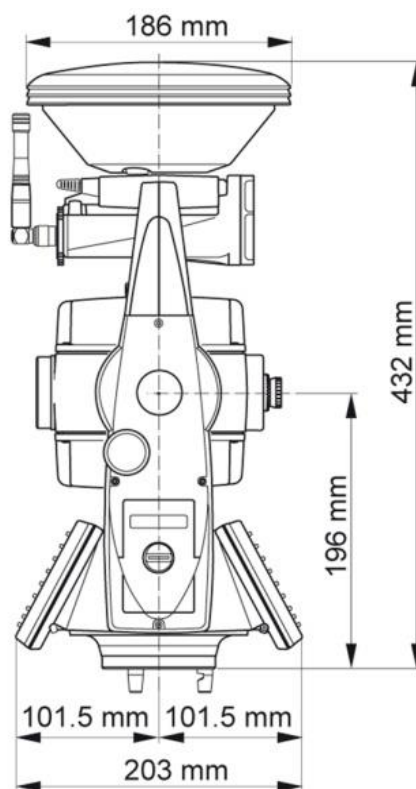


Рис.4.53. Габарити Leica TPS 1205+

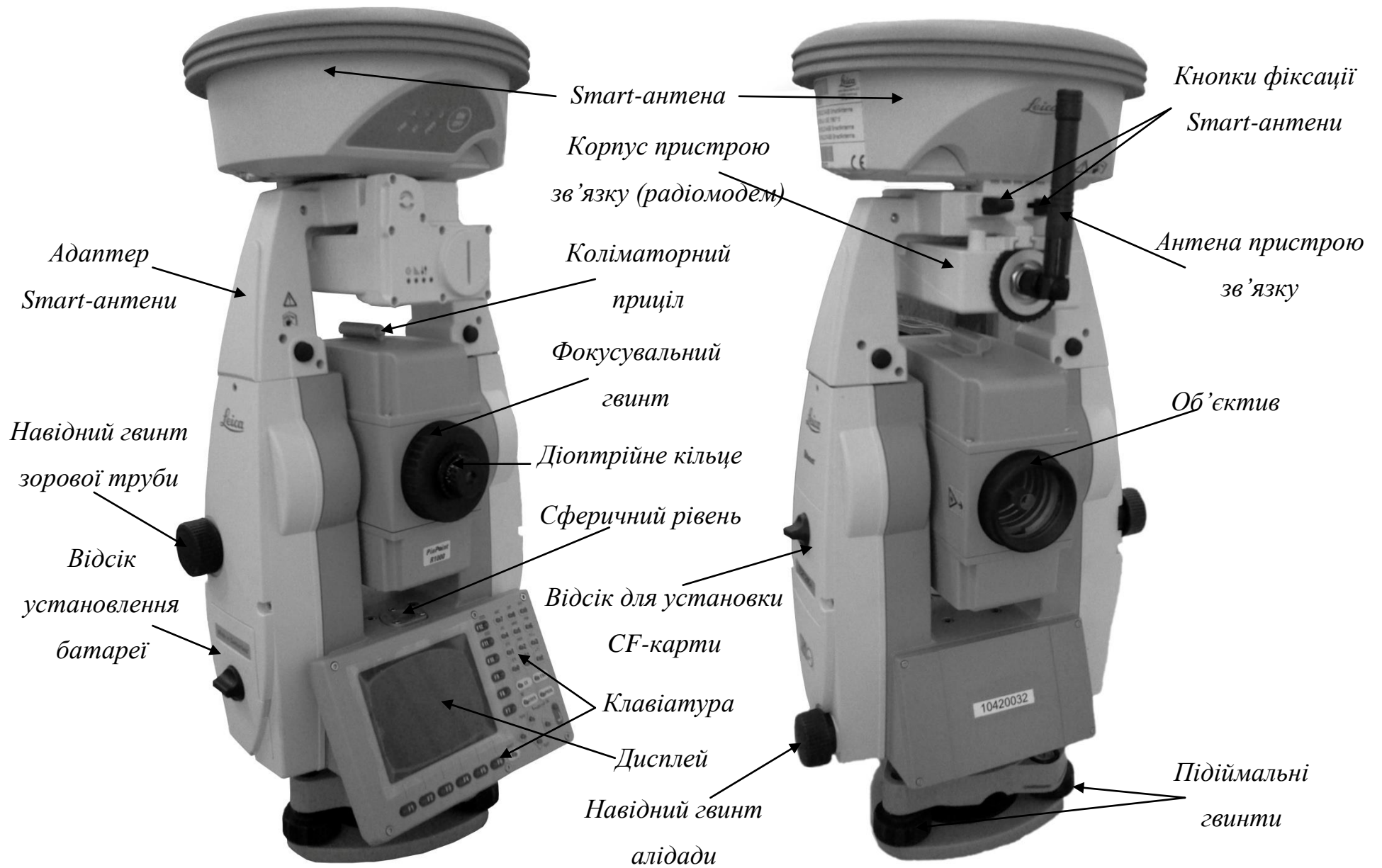


Рис.4.54. Будова електронного тахеометра Leica TPS 1205+
190

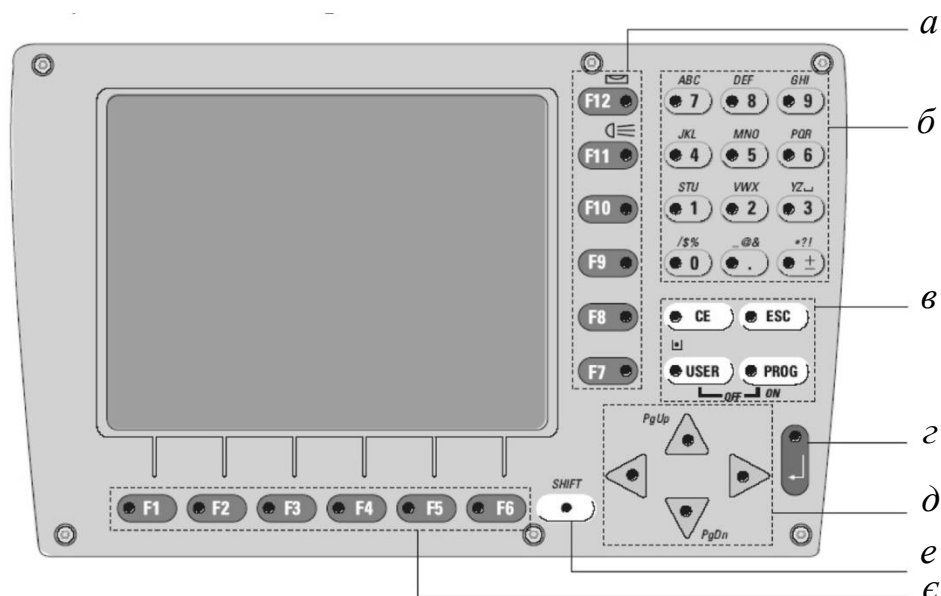




Рис.4.55. Клавіатура приладу, її основні клавіші та функції

Таблиця 4.11

Клавіатура приладу, її основні клавіші та функції

	Назва	Функції
a	Гарячі функціональні клавіші F7 - F12	Настроювані користувачем клавіші для виконання команд.
б	Алфавітно-цифрові клавіші	Для введення інформації.
в	CE	Видалення останньої введеної цифри або букви. Очищення поля при введенні нової інформації.
	ESC	Вихід з меню або діалогу без збереження змін.
	USER	Виклик налаштовуваного користувачем меню.
	PROG	Доступ до меню польових програм.
г	ENTER	Вибір, список варіантів.
д	Клавіша управління курсором	Переміщає курсор по екрану.
е	SHIFT	Переключення між нижнім і верхнім рівнями функціональних клавіш.
є	Функціональні клавіші управління екранними кнопками F1 - F6	Клавіші з призначеними функціями, керуючими екранними кнопками.

Комбінації клавіш

<i>Клавіші</i>	<i>Опис</i>
PROG + USER	Вимкнення тахеометру
SHIFT F12	Виклик меню СТАТУС Уровень и лазерный отвес.
SHIFT F11	Виклик з меню Настройка... Подсветка, Дисплей, Бипы, Текст сторінки Подсв..
SHIFT USER	Виклик меню УСК.УСТАН. / Изменить настройки на:.
SHIFT 	Гортання сторінок вгору.
SHIFT 	Гортання сторінок вниз.

Початок роботи

1. Встановивши тахеометр на штатив натисніть на **PROG** і утримуйте цю кнопку натиснутою пару секунд для включення тахеометра. Натисніть на **SHIFT (F12)** для відкриття меню **СТАТУС Уровень и Лазерный отвес** і включення лазерного виска.

2. Змінюючи положення ніжок штатива і обертаючи підйомні гвинти, наведіть пляму лазерного виска на тверду точку. Працюючи з ніжками штатива, приведіть в нульпункт сферичний рівень.

3. Обертанням підйомних гвинтів, точно віднівелюйте тахеометр по електронному рівню.

4. Точно відцентруйте тахеометр над точкою, пересуваючи трегер по голівці штатива.

5. Повторюйте кроки 3 і 4 до досягнення точного центрування і горизонтування тахеометра.

Тахеометр забезпечений системою автоматичного розпізнання підключених до нього зовнішніх пристроїв (Smart-антена; рації і модеми). При підключенні до інструменту зовнішнього пристрою видаються два коротких звукових сигнали (2 біпи). При відключенні зовнішнього пристрою тахеометр видає один довгий біп.

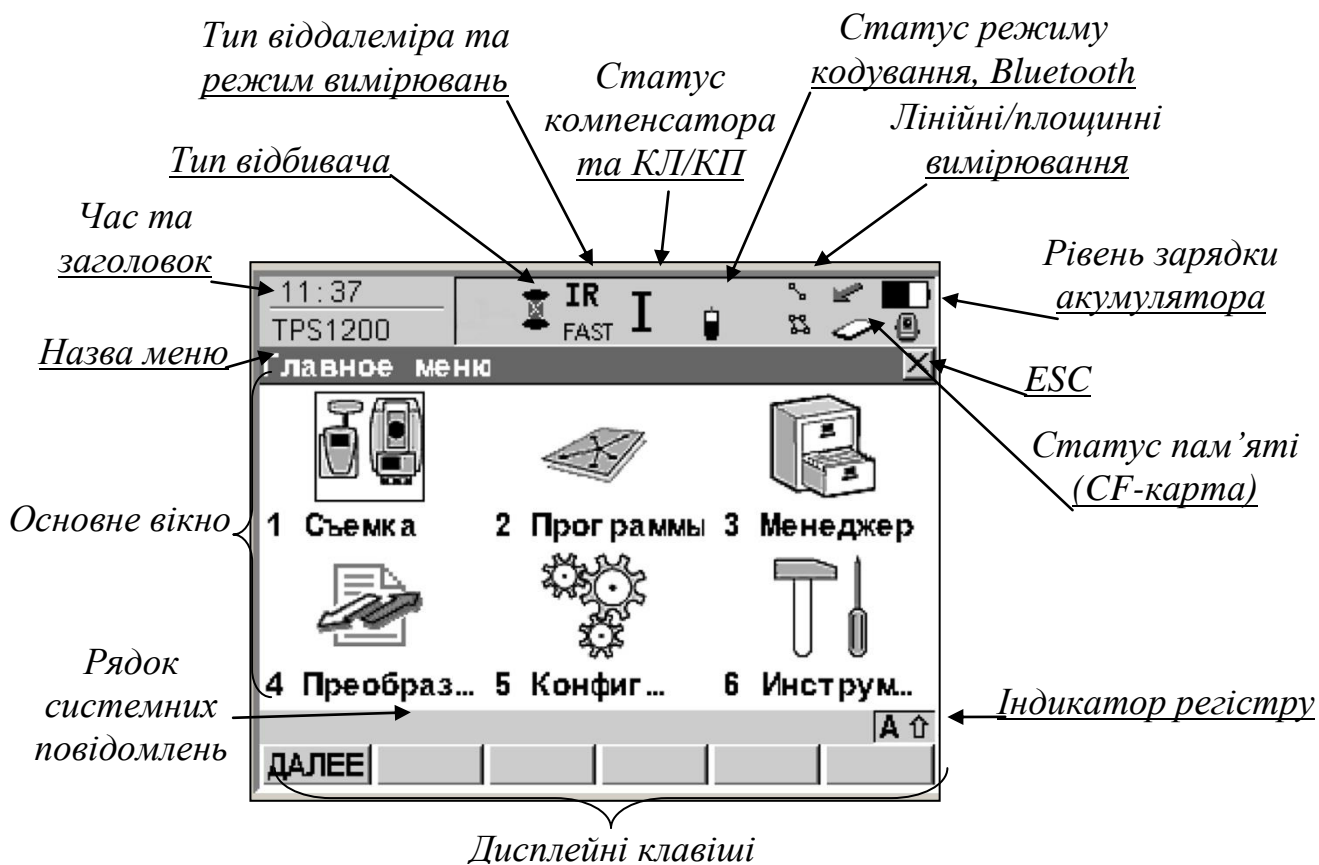


Рис.4.56 Компоненты дисплейной индикации для TPS



Рис.4.57. Компоненты дисплейной индикации для GPS

Суть деяких іконок

Тип відбивача:



– стандартна призма Leica;



– призма Leica 360 градусів;



– відбивна пластина Leica;



– міні призма Leica з константою 17,5 мм;



– міні призма Leica з константою 0;



– міні призма Leica 360 градусів;

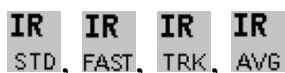


– користувальницька призма;



– безвідбивачевий режим.

Тип віддалеміра та режим вимірювань:



– вимірювання відстаней з використанням відбивача (відповідно у стандартному, швидкому, режимі слідування або режимі усереднення);



– лазер ввімкнено;



– вимірювання відстаней у безвідбивачевому режимі (відповідно у стандартному, швидкому або у режимі усереднення);



– вимірювання на великі відстані у стандартному та у режимі усереднення;



– автоматичні вимірювання, які реєструються за часом, по висоті чи висотній відмітці або за даними Stop & Go.

Статус компенсатора та КЛ/КП:



– компенсатор вимкнений;



– компенсатор включений, але прилад не відцентрований;

I, **II** – поточне робоче положення (при включеному компенсаторі)

приладу КЛ/КП.


Індикація налаштувань RCS:



– RCS активний;



– RCS активний та отримує повідомлення;

Лінія/Полігон:  – кількість лінійних і площинних об'єктів, відкритих на даний момент в активному проекті.

Статус пам'яті: немає іконки – в приладі відсутня CF-карта;



– CF-карта вставлена і може бути видалена;



– CF-карта не може бути вилучена, можлива втрата даних;



– внутрішня пам'ять є активним на даний момент пристроєм для запису даних.

Клавіша SHIFT:



– доступ до додаткових дисплейних клавіш у відкритому на даний момент вікні;



– індикація того, що була натиснута кнопка SHIFT.

Статус GPS-позиціонування: немає іконки – позиціонування неможливе;




– можливе отримання автономного рішення;




– доступне кодове рішення;



– доступний фазовий рішення.

Число видимих супутників – 

Супутники, що використовуються – 

Статус доступу до інтернету – 

Пристрої режиму реального часу та їх статус:



– підключення цифрового стільникового телефону;



– прийом на цифровий стільниковий телефон;



– прийом по радіоканалу;



– пристрій Bluetooth підключено і приймає дані (іконка стільникового телефону показана лише для прикладу).

Режим позиціонування:



– статика;



– динаміка.

Таблиця 4.13

Основні функції головного меню Leica TPS 1205+

<i>№</i>	<i>Підменю</i>	<i>Функції</i>
1	<i>Съемка</i>	виконання вимірювань;
2	<i>Программы</i>	вибір і запуск польових програм;
3	<i>Менеджер</i>	управління проектами, даними, списками кодів, наборами налаштувань, типом відбивача і системами координат;
4	<i>Преобраз...</i>	експорт даних з проекту, записаного у внутрішньому форматі тахеометра, у файл на CF-карті у форматі, описаному користувачем; імпорт файлів з CF-карти в текстовому або GSI форматах в проект (у власному форматі приладу);
5	<i>Конфиг...</i>	доступ до всіх налаштувань, що мають відношення до процесу зйомки, приладу і інтерфейсам;
6	<i>Инструм...</i>	виконання перевірок, форматування пристроїв пам'яті, завантаження системного програмного забезпечення в прилад, передача файлів, що не мають відношення до результатів вимірювань, з приладу на CF-карту.

Меню электронного тахеометра Leica TPS 1205+ (на російській мові)

1. Съемка

2. Программы

1. Съемка

2. Установка

3. Разбивка

4. COGO

- 1) Обратная задача
- 2) Прямая задача
- 3) Засечки
- 4) Расчет линии
- 5) Расчет дуги
- 6) Сдвиг, поворот и масштабирование
 - 7) Сдвиг, Попорот и м-б (Связ. Тчк)
- 8) Разделение участка
- 9) Закр. COGO

5. Выбор Системы Координат (СК)

6. GPS-съемка

3. Менеджер

1. Проекты

2. Данные

3. Списки кодов

4. Системы координат

5. Наборы настроек

6. Отражатели

4. Преобраз...

1. Экспорт данных из проекта

2. Импорт ASCII/GSI-данных в проект

- 1) Импорт ASCII/GSI
- 2) Импорт DXF-данных

3. Обмен точками между проектами

5. Конфиг...

1. Настройки съемки

- 1) Шаблоны идентификаторов
- 2) Настройки визуализации
- 3) Настройки кодирования
- 4) Сдвиги
- 5) Контроль наведения

2. Настройки инструмента

- 1) Настройки дальномера и ATR
- 2) Поправки TPS
- 3) Компенсатор
- 4) Идентификатор инструмента

3. Общие настройки

1) Режим проводника

2) «Горячие» клавиши и меню

3) Единицы измерений и форматы

4) Язык

5) Подсветка, Дисплей, Бипы, Текст

6) Запуск и выключение

4. Интерфейсы

5. SmartStation

- 1) режим реального времени
- 2) настройки наблюдений на точках
- 3) настройки для спутников
- 4) временный пояс
- 5) настройки контроля качества (CQ)
- 6) регистрация необр наблюдений

6. Инструм...

1. Форматирование устройства памяти

2. Передача объектов

- 1) Списки кодов
- 2) Конфигурационные наборы
- 3) Системы координат
- 4) Файлы моделей геоида
- 5) Файлы моделей ГТС
- 6) Форматные файлы
- 7) Содержимое системной RAM
- 8) Станции Modem/GSM
- 9) IP-хосты
- 10) Инф. об антенне

3. Загрузка системных файлов

- 1) Прикладные программы
- 2) Системные языки
- 3) По инструмента

4. Калькулятор

5. Просмотреть файлы

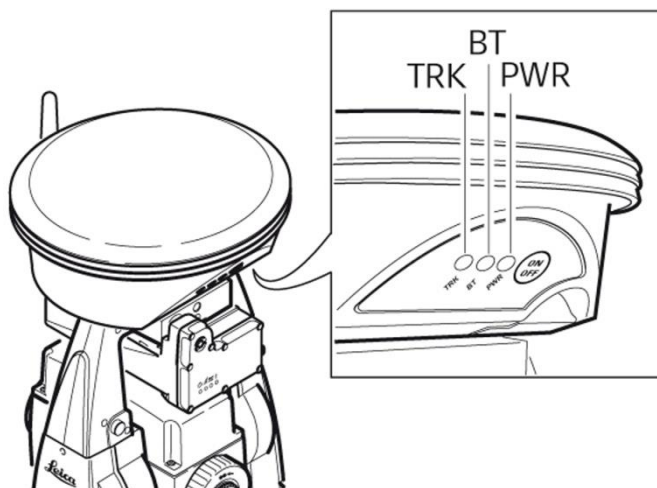
6. Лицензионные ключи

7. Поверки и юстировки

- 1) Комплекс (прод, поп, МО, с, ATR)
- 2) Ось вращения трубы (а)
- 3) Компенсатор (прод, попер)
- 4) Текущие значения ошибок
- 5) Завершить поверки и юстировки

8. Поле-Офис

LED-індикатори на Smart-антені



- **TRK** – індикатор режиму стеження;
- **BT** – індикатор Bluetooth-з'єднання;
- **PWR** – індикатор живлення.

Таблиця 4.14

Опис LED-індикаторів

Індикатор	Стан	Зміст
TRK	<i>Не горить</i>	Супутники не відстежуються.
	<i>Мигає зеленим</i>	Відстежується менше чотирьох супутників, координати ще не визначені.
	<i>Зелений</i>	Супутників достатньо для обчислення координат.
BT	<i>Червоний</i>	Smart-антена ініціалізується.
	<i>Зелений</i>	Bluetooth перебуває в режимі обміну даними і готовий до з'єднання.
	<i>Ліловий</i>	Встановлюється з'єднання Bluetooth.
	<i>Блакитний</i>	З'єднання Bluetooth встановлено.
PWR	<i>Блимає блакитний</i>	Йде обмін даними.
	<i>Не горить</i>	Живлення відключено.
	<i>Зелений</i>	Живлення включено.
	<i>Мигає зеленим</i>	Низький рівень напруги. Час роботи в такій ситуації залежить типу зйомки, температури та віку акумулятора.

Список функций, що привласнюються гарячим клавішам і користувальницькому меню (на російській мові)

<i>Група функцій</i>	<i>Функції</i>	<i>Група функцій</i>	<i>Функції</i>	
	<Нет>		Наборы настроек	
ИМПОРТ	ИМПТ Данные в файл	УПРАВЛЕНИЯ	Регистрация данных	
ИНСТРУМЕНТ	ИНСТР Поверки и юстировки		Редакт. проект	
КОНФИГУРАЦИЯ	Антенна и ее высота		Системы координат	
	Включение и выключение		Управл. проектами	
	Гор. клав и польз. меню		Управл. списком отражателей	
	Ед-цы измерений и форматы		Управление данными	
	Интерфейсы		Управление списками кодов	
	Кодирование и рисовка		ФУНКЦИИ	Перекл. схемы
	Компенсатор			EDM FST/TRK (быстр/слеж)
	Контроль наведение			EDM STD/TRK (стнд/слеж)
	Настройки			F1
	Настр. дальномера			F2
	Настройки дисплея			F3
	Настройки контроля качества (CQ)			F4
	Отсыл. сообщ. GGA NMEA			F5
	Подсв, Дисп, Бипы, Текст	F6		
	Радиоканал (Ровер)	RCS Вкл/Выкл		
	Рег-ция GPS -наблюдений	Быстрая установка		
	Режим реального времени	Верт. угол		
	Сдвиги	Вкл/Выкл GSM-связи		
	Шаблоны имен	Вкл/Выкл подсветки		
	поправок TPS	Вкл/Выкл сенс. дисплея		
Калькулятор ИНСТР	Вкл/Выкл быстр. кодир.			
КОПИЯ	Обмен точками между проектами	Выбор свободного кода		
ПРОГРАММА	COGO	Закрывать все лин/плоч. об-ты		
	COGO Вычисление дуг	ИК/БО (IR/RL)		
	COGO Вычисление линий	Компенсатор Вкл/Выкл		
	COGO Засечки	Контроль записи точек		
	COGO Об. задача Точка-Линия	Красный лазер Вкл/Выкл		
	COGO Об. задача Точка-Дуга	Лин. един. мжд. футы/США		
	COGO Обратная задача	Метры/Межд.футы		
	COGO GPS-съемка	Откр. посл. исп. лин. объект		
	COGO Импорт DXF-данных	Откр. посл. исп. площ. объект		
	Настройка	Перикл. Азимут/Дир.угол		
	Разбивка	Продолжить данную уст-ку		
	Съемка	Созд. нов. лин. объекта		
	Прог. Выбора Системы Координат	Созд. нов. лин. объекта (Уск)		
	СТАТУС	СОСТ Аккумулятора и памяти	Созд. нов. площ. объекта	
		СОСТ Интерфейсов	Созд. нов. площ. объекта (Уск)	
СТАТ Информация о станции		Тест дальномера		
СТАТ Регистрация		Удаление посл. точки		
СТАТ Системная информация		Произв. кодирование		
Статус реж. реальн.времени		Смена круга		
Статус спутников		ЭКСПОРТ Данные из раб. файла		
Текущие координаты		Язык КОНФ		
Уровень и Лазерн. отвес				
СТАТУС ввода ASCII				

4.8. Будова, структура та функції головного меню електронного тахеометра SOUTH NTS-352R(L)

Електронний тахеометр **SOUTH NTS-352R(L)** дозволяє виконувати точні вимірювання віддалей до об'єктів без установлення на них відбивача, наприклад, до стін будинків, карнизів вікон, стовпів тощо. Електронний тахеометр **SOUTH NTS-352R** відрізняється від **SOUTH NTS-352R(L)** тільки тим, що у першого оптичний центрир, а у другого – лазерний. будова та програми в цих двох модифікаціях тахеометрів однакові.

Тахеометр вологозахиснений. На рис. 4.58 подано загальний вигляд електронного тахеометра **SOUTH NTS 352R** для положення вертикального круга *КЛ* (вид з боку об'єктива), а на рис.4.59 також для *КЛ* (з боку окуляра). Електронний тахеометр **SOUTH NTS 352 R(L)** виглядає так само, тільки без оптичного центрира, нагадуємо що в ньому є лазерний центрир.



Рис. 4.58. Загальний вигляд тахеометра SOUTH NTS 352 R з боку об'єктива для *КЛ*



Рис. 4.59. Загальний вигляд тахеометра **SOUTH NTS 352 R** вид з боку окуляра для *КЛ*

Таблиця 4.15

Технічні характеристики тахеометра

Видимий червоний лазер	
Довжина хвилі	0,670 нм
Поправка за температуру і тиск	Ручне введення, автокорекція
Поправка за рефракцію та кривину Землі	Ручне введення, автокорекція
Приладова поправка	Ручне введення, автокорекція
Вимірювання віддалі	
На одну призму	1000 – 1800 м,
На три призми	2600 м
На відбивну плівку	Максимально 300 – 800 м,
Без призми (безпосередньо на предмет)	100 – 200 м,
СКП вимірювання віддалі, мм:	
На призму	(2 +2 ppm D)
На відбивну плівку	(5 +3 ppm D)
Без призми (безпосередн. на предмет)	(5 +3 ppm D)
Час вимірювань, секунд:	
Точний режим	3,0
Режим стеження	1,0

Вимірювання кутів	
Дискретність відлічування: <i>ГК, ВК</i>	1" (5")
СКП вимірювання горизонтального кута одним прийомом	2"
Метод відлічування <i>ГК, ВК</i>	Двосторонній
Одиниці вимірювання	360°/ 400 gon/ проміл
Метод вимірювань	Інкрементальний
Зорова труба: зображення збільшення	Земне 30 ^x
діаметр об'єктива	45 мм
поле зору	1°30'
мінімальна віддаль візування	1м
роздільна здатність труби	4"
коефіцієнт ниткового віддалеміра	100
Автокомпенсатор ВК: тип	Рідинний
Діапазон роботи	3'
Точність	1"
Рівні: Циліндричний	30"/2мм
Сферичний	8'/2мм
Оптичний центрп SOUTH NTS 352R	
Зображення	Земне
Збільшення	3 ^x
Мінімальна віддаль фокусування	0,5м
Поле зору	5°
Лазерний центрп SOUTH NTS 352R(L)	
Екран: тип	LCD, 4-х стрічковий, цифрово-літерний
Обмін даними Порт	RS-232C
Формат даних	Topcon
Акумулятор: тип	Ni-Mh акумулятор
напруга	6 V
Час роботи акумулятора NB-10C	2.5 год.
NB-20C	7-8 год.
Робоча температура: - 20° + 45°C	
Розмір: 160x150x330мм	
Вага: 5,2 кг	

Панель керування приладом

Прилад має два LCD-дисплеї, розширену літеро-цифрову клавіатуру. На рис.4.60 показано панель керування приладом.



Рис. 4.60. Панель керування приладом

Таблиця 4.16

Клавіші керування приладом

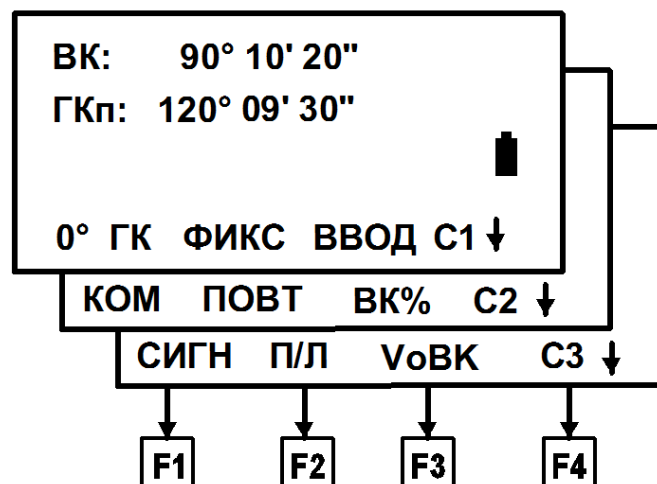
Клавіші	Назва	Функція
[ANG]	Кутові вимірювання	Режим вимірювання кутів (▲ Курсор догори)
	Вимірювання віддалі	Режим вимірювання віддалі (▼ Курсор донизу)
	Режим координат	Режим координатних вимірювань (◀ Курсор ліворуч)
[MENU]	Меню	Перемикання режимів меню і робочого режиму (▶ Курсор праворуч)
[ESC]	Скасування / вихід	Скасування останньої операції, повернення до попереднього вікна, або попереднього режиму
[POWER]	Увімк/вимк	Увімкнення/вимкнення живлення приладу
F1 ~ F4	Функційні	Після натискання виконуються функції, які відображені на екрані над цими клавішами
0 ~ 9	Літеро-цифрові	Введення цифр, літер, символів, знаків або вибір пунктів меню
[★]	«Зірочка»	Налаштування основних функцій тахеометра

Значення символів відображуваних екрані

На екрані	Значення
ВК	Вертикальний круг
ГКл	Горизонтальний круг (зростання відліків проти ходу годинникової стрілки – ліворуч). <i>Тільки для інформації.</i> У пам'ять запишеться – праворуч.
ГКп	Горизонтальний круг (зростання відліків за ходом годинникової стрілки – праворуч). Зберігається у пам'яті приладу
D	Горизонтальна проекція
S	Похила віддаль
h	Перевищення
X	Координата X
Y	Координата Y
H	Висота H
*	Параметри віддалеміра. Процес вимірювань.
м	Метри (одиниці вимірювання віддалі)
ф	Фути (одиниці вимірювання віддалі)
д	Дюйми (одиниці вимірювання віддалі)


Функційні клавіші приладу

[ANG] – Режим вимірювання кутів. Якщо натиснути цю клавішу, то на екрані відобразиться 3-х сторінкове меню. Сторінки гортають клавішею [F4].




Функційні клавіші приладу

Сторінка	Клавіша	На екрані	Функція
С1	[F1]	0°ГК	Установлення відліку горизонтального круга 0°00'00"
	[F2]	ФИКС	Фіксація поточного відліку горизонтального круга
	[F3]	ВВОД	Ввід значення відліку горизонтального круга з клавіатури. <i>Градуси відділяють крапкою.</i>
	[F4]	С1↓	Перехід на наступну сторінку (С2)
С2	[F1]	КОМ	Увімкнення/вимкнення компенсатора нахилу Вкл/Выкл
	[F2]	ПОВТ	Режим вимірювання горизонтального кута методом повторень
	[F3]	ВК%	Режим відображення ухилу у промілле (%)
	[F4]	С2↓	Перехід на наступну сторінку (С3)
С3	[F1]	СИГН	Увімкнення звукового сигналу під час зміни відліку на <i>ГК</i> кожних 90 градусів – 0°, 90°, 180°, 270°
	[F2]	П/Л	Перемикання напряму зростання відліків горизонтального круга праворуч/ ліворуч (за годинниковою стрілкою / проти годинникової стрілки). У пам'ять приладу записується тільки праворуч.
	[F3]	VoBK	Зміна системи відлічування вертикального кута
	[F4]	С3↓	Перехід на наступну сторінку (С1)

 – Режим вимірювання віддалей. Натиснувши цю клавішу, на екрані відобразиться 2-х сторінкове меню (С1, С2).

Якщо почалося вимірювання віддалі за допомогою видного лазера, натисніть клавішу ESC для вимкнення лазера і зупинки вимірювань.

У стрічці вимірювання віддалі: S (*похила віддаль*), D (*горизонтальна проекція віддалі*). Під час вимірювання віддалі відображаються символи: * – йде процес вимірювань, [F.S] – одиничне вимірювання; [F.3] – багаторазові вимірювання, тут 3 – кількість вимірювань; [F.R] – безперервні вимірювання; [T.R] – режим стеження (трекінг). Сторінки гортають клавішею [F4]. Кожна сторінка має два відображення, які можна змінити клавішею .

ВК: 85° 24' 12" ГКп: 225° 13' 42" S : 227.6397 м ИЗМР РЕЖИМ СРЕДН С1↓	ГКп: 128° 19' 49" D : 157.1256 м h : -0.1073 м ИЗМР РЕЖИМ СРЕДН С1↓
ВК: 85° 24' 12" ГКп: 225° 13' 42" S : 227.6397 м СМЕЩ РАЗБ м/ф/д С2↓	ГКп: 128° 19' 49" D : 157.1256 м h : -0.1073 м СМЕЩ РАЗБ м/ф/д С2↓

Таблиця 4.19

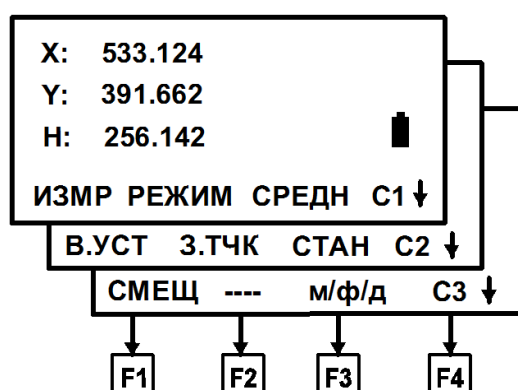
Функційні клавіші приладу

Сторінка	Клавіша	На екрані	Функція
C1	[F1]	ИЗМР	Запуск вимірювань
	[F2]	РЕЖИМ	Вибір режиму вимірювань віддалей [F.S], [F.3], [F.R], [T.R].
	[F3]	СРЕДН	Введення числа повторних вимірювань віддалі у прийомі (максимум 9 разів)
	[F4]	С1↓	Перехід на наступну сторінку (C2)
C2	[F1]	СМЕЩ	Перехід в режим вимірювань зі зміщеннями
	[F2]	РАЗБ	Перехід в режим розмічування
	[F3]	м/ф/д	Перемикання одиниць вимірювання: метри, фути і дюйми
	[F4]	С2↓	Перехід на наступну сторінку (C1)



– Режим обчислення координат. Натиснувши цю клавішу, на екрані відобразиться 3-х сторінкове меню.

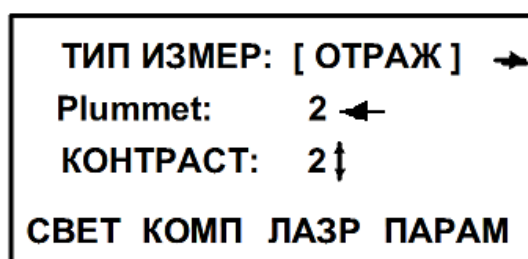
Якщо почалося вимірювання віддалі за допомогою видного лазера, натисніть клавішу ESC для вимкнення лазера і зупинки вимірювань.



Функційні клавіші приладу

Сторінка	Клавіша	На дисплеї	Функція
C1	[F1]	ИЗМР	Запуск вимірювань
	[F2]	РЕЖИМ	Вибір режиму вимірювань віддалей [F.S], [F.2], [F.R], [T.R].
	[F3]	СРЕДН	Введення кількості повторних вимірювань у прийомі для режиму [F.N]
	[F4]	C1↓	Перехід на наступну сторінку (C2)
C2	[F1]	В.УСТ	Введення висоти приладу і відбивача
	[F2]	З.ТЧК	Введення координат точки орієнтування (задня)
	[F3]	СТАН	Введення координат станції
	[F4]	C2↓	Перехід на наступну сторінку (C3)
C3	[F1]	СМЕЩ	Режим вимірювань зі зміщеннями
	[F2]
	[F3]	м/ф/д	Перемикання одиниць вимірювання: метри, фути і дюйми
	F4	C3↓	Перехід на наступну сторінку (C1)

[★] – Режим налаштування приладу. Натиснувши цю клавішу, на екрані відобразиться.



Стрілки → ← ↑ на екрані біля відображуваних символів відповідають, стрілкам над клавішами керування приладом, якими можна змінювати ці функції.

ТИП ИЗМЕР: Кожним натисканням клавіші керування приладом під стрілкою [►] вибирають тип відбивача (ОТРАЖ/ БЕЗОТР /ЛИСТ).

Plummet: Ця функція активна тільки для приладу SOUTH NTS

352R(L) із лазерним центриром. Клавішею керування приладом під стрілкою ◀ установлюють інтенсивність лазерного випромінювання центрира. Інтенсивність можна змінювати від 0 до 4. Нуль – лазер вимкнено.

КОНТРАСТ: використовуючи клавіші керування приладом під стрілками [▲] або [▼], можна налаштувати контрастність екрану.

СВЕТ: натиснувши клавішу [F1] вмикаємо підсвічування екрану. Повторне натиснення [F1] – вимикаємо підсвічування.

КОМП: компенсатор *BK* можна увімкнути або вимкнути. Для увімкнення/вимкнення функції компенсатора натиснути [F2]. Для увімкнення натиснути [F1][X-BK]. Для вимкнення – [F3][ВЫКЛ]. Увімкнення / вимкнення підтверджують [F4] [OK].

ЛАЗР: натисненням клавіші [F3] вмикаємо видний лазер для вимірювання ліній. Повторним натисканням – вимикаємо.

ПАРАМ: натиснувши клавішу [F4] відобразиться сторінка меню де можна змінити значення приладової поправки (**ПРИЗМА:**), значення поправки за атмосферні умови (**PPM**): температуру і тиск (**ТЕМП-ДАВЛ**), а також перевірити потужність відбитого сигналу (**СИГНАЛ**).

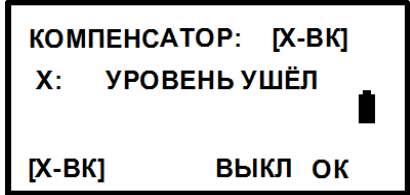
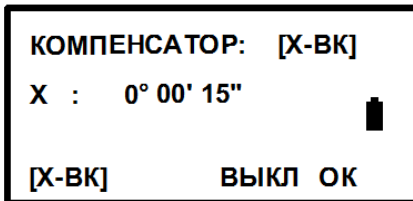
Під час вимірювання вертикальних кутів компенсатор має бути увімкнутим. Якщо компенсатор увімкнено, на екрані відображаються поправки у вертикальні кути.

Повідомлення «**УРОВЕНЬ УШЁЛ**» – означає, що вертикальна вісь приладу нахилена стосовно прямовисної лінії на кут, що перевищує межі роботи компенсатора. Потрібно відгоризонтувати прилад.

Якщо компенсатор увімкнено, то прилад автоматично компенсує відлік місця нуля вертикального круга і вводить поправку у вертикальні кути по осі X (у напрямі візирної осі). Під час вібрації або роботи у вітряну погоду відліки вертикального круга можуть бути нестійкими. Тоді, зазвичай, вимикають функцію автоматичної компенсації відліків вертикального круга за нахил приладу через постійне відображення повідомлень про помилки.

Таблиця 4.21

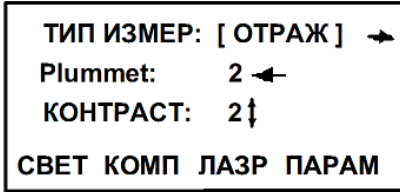
Налаштування роботи компенсатора відліків вертикального круга.

N п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Екран
1	Натисніть клавішу[★]. Натисніть клавішу[F2] (КОМП). Якщо вибрано F1 (X-ВК) це значить що компенсатор увімкнено. Коли на екрані повідомлення X: «УРОВЕНЬ УШЁЛ», відгоризонтуйте прилад. Якщо прилад відгоризонтований, на екрані відобразиться попереднє значення корекції, наприклад, X: -0°00'15" (див. стовпчик Екран друге вікно табл.).	[★] [F2]	
2	Підтвердіть увімкнення [F4](ОК). Компенсатор буде увімкнений. Натисніть [ESC] для переходу в режим вимірювань. Для вимкнення компенсатора натисніть [★] і [F2] (ВЫКЛ) Підтвердіть вимкнення [F4](ОК).	[F4]	

Налаштування режиму вимірювання віддалі. Прилад може вимірювати віддаль: за допомогою видного лазера; не видного інфрачервоного променя (на відбивач). Можна вибрати такі типи відбивача для вимірювань віддалі: на призмовий відбивач [ОТРАЖ], без відбивача [БЕЗОТР], на світловідбивну плівку [ЛИСТ].

Таблиця 4.22

Налаштування режиму вимірювання віддалі.

N п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Екран
1	Увійдіть в режим налаштувань (клавіша [★]). Натискайте клавішу [MENU] стільки разів щоб вибрати потрібний режим ОТРАЖ/БЕЗОТР/ЛИСТ. Натисніть [ESC] для збереження налаштування і повернення у режим вимірювань.	[★] [MENU]	

Введення приладової поправки. До початку вимірювань для використовуваного відбивача вводять приладову поправку. Уведена приладова поправка зберігається у пам'яті приладу навіть після вимикання приладу.

Таблиця 4.22

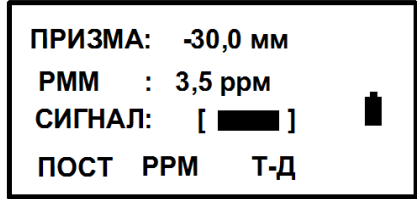
Уведення приладової поправки

N п/п	Послідовність виконання дій	Дія	Екран
1	Увійдіть в режим налаштування (★), і натисніть клавішу [F4](ПАРАМ)	[★] [F4]	
2	Натисніть клавішу [F1](ПОСТ). Введіть значення приладової поправки. Підтвердіть [F4](ВВОД)	[F1] [F4]	

Відбитий сигнал. Під час надходження сигналу від відбивача, подається звуковий сигнал і відображається потужність сигналу в стрічці [СИГНАЛ].

Таблиця 4.23

Введення відбитого сигналу

N п/п	Послідовність виконання дій	Дія	Екран
1	Увійдіть у режим налаштування [★]. Натисніть клавішу [F4](ПАРАМ), для відображення інтенсивності відбитого сигналу. Вона показана в стрічці СИГНАЛ[]	[★] [F4]	

Урахування впливу атмосфери. Для врахування впливу атмосфери на результати вимірювань РРМ, який прилад враховує автоматично, потрібно увести в пам'ять:

- Температуру повітря на рівні приладу;
- Атмосферний тиск на рівні приладу.

За цими даними прилад автоматично обчислить PPM. PPM можна обчислити самому і увести його у прилад. PPM розраховують за нижче поданими формулами для таких умов.

1. Стандартні умови для тахеометра **SOUTHNTS-352 R** за яких **PPM = 0**:

Тиск: **P = 1013 гПа**; Температура: **t = +20° С**.

2. Атмосферну поправку обчислюють за формулою:

$$PPM=273.8- 0.2900 P/ (1+0.00366t)$$

де, **P** – атмосферний тиск у гПа, **t**: температура в °С.

Якщо атмосферний тиск у мм рт. ст., то його переобчислюють у гПа.

$$1гПа =1 мм рт.ст./0,75$$

Уведення значення атмосферної поправки вручну. За поданою вище формулою розраховують поправку **PPM** і вводять вручну.

Таблиця 4.24

Уведення приладової поправки значення атмосферної поправки вручну

N п/п	Послідовність виконання дій	Дія	Екран
1	Увійдіть в режим налаштування [★], і натисніть клавішу [F4] (ПАРАМ)	[★] [F4]	
2	Натисніть клавішу [F2]. Відобразиться попередньо введена величина атмосферної поправки.	[F2]	
3	Введіть значення атмосферної поправки (наприклад, 4,4),* і натисніть клавішу [F4](ВВОД), для повернення в режим налаштування	Уведення значення [F4]	

Обчислення PPM у приладі за температурою і тиском повітря

Виміряйте температуру повітря і атмосферний тиск на рівні приладу. Можливий діапазон: температур: від -30°С до +60°С (із кроком 0,1°С);

атмосферний тиск: 560 – 1066 гПа (із кроком 0,1 гПа), або 420 – 800 мм рт.
 Наприклад, температура: +20,0°C, тиск 997,2 гПа.

Таблиця 4.25

Обчислення PPM у приладі за температурою і тиском повітря.

N п/п	Послідовність виконання дій	Дія	Екран
1	Увійдіть у режим налаштування [★]. Натисніть клавішу [F4](ПАРАМ)	[★] [F4]	
2	Натисніть клавішу [F3](Т-Д)	[F3]	
3	Уведіть температуру і натисніть [F4](ВВОД). Уведіть тиск і натисніть [F4](ВВОД). Прилад автоматично обчислить PPM і повернеться до зображення	Уведення даних [F4]	

Врахування впливу вертикальної рефракції та кривини Землі

Під час вимірювань горизонтальних проєкцій віддалей і перевищень, прилад автоматично уводить поправки за вплив вертикальної рефракції та кривини Землі. Поправка за вплив рефракції та кривину Землі обчислюється за формулами:

$$\text{Горизонтальна проєкція: } D = S \cdot [\cos\alpha + \sin\alpha \cdot S \cdot \cos\alpha \cdot (K-2) / 2R]$$

$$\text{Перевищення: } h = S \cdot [\sin\alpha + \cos\alpha \cdot S \cdot \cos\alpha \cdot (1-K) / 2R]$$

Якщо поправки за кривину і рефракцію не враховуються, то формули для обчислень будуть такі:

$$D = S \cdot \cos\alpha; \quad h = S \cdot \sin\alpha.$$

Заводська установка коефіцієнта вертикальної рефракції: $K = +0.14$

У формулах:

$K = 0.14$ – коефіцієнт вертикальної рефракції,

$R = 6370$ км – середній радіус Землі,

α – вертикальний кут нахилу,

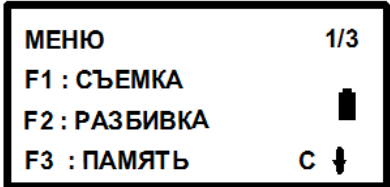
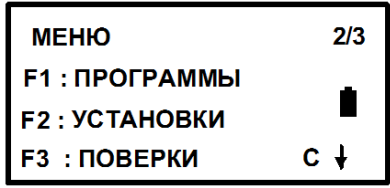
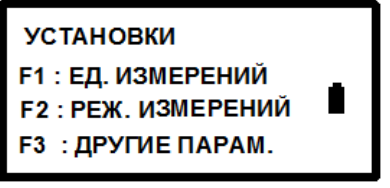
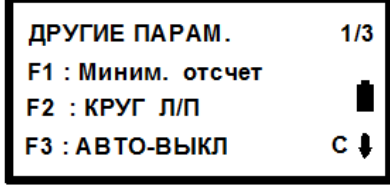
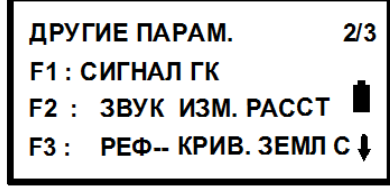
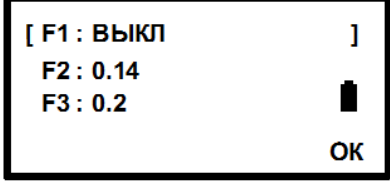
S – похила віддаль.

Значення K можна встановити $+0,14$ чи $+0,20$. Його також можна вилучити.

Встановлення значення коефіцієнта вертикальної рефракції.

Таблиця 4.26

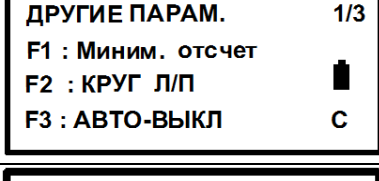
Встановлення значення коефіцієнта вертикальної рефракції.

N п/п	Послідовність виконання дій	Дія	Екран
1	Натисніть клавішу [МЕНЮ]	[МЕНЮ]	
2	Натисніть клавішу [F4] для переходу на стор. 2/3	[F4]	
3	Натисніть клавішу [F2]:УСТАНОВКИ	[F2]	
4	Натисніть клавішу [F3]: ДРУГИЕ ПАРАМЕТРЫ	[F3]	
5	Натисніть клавішу [F4] для переходу на стор. 2/3	[F4]	
6	Натисніть клавішу [F3]: РЕФР – КРИВ. ЗЕМЛИ та установіть коефіцієнт вертикальної рефракції	[F3]	

Можна установити таку дискретність відлічувань кутів 1" /5" та віддалі 1мм/0,1мм для NTS-352 R.

Таблиця 4.27

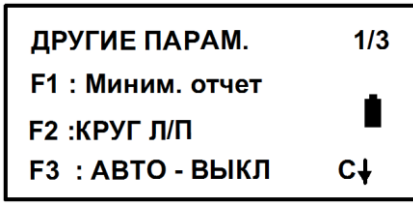
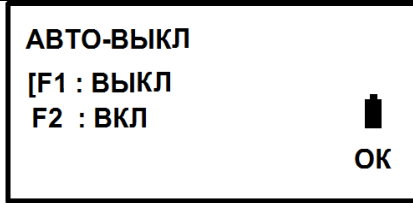
Встановлення точності відлічування кругів – 5" та віддалі 1 мм.

№ п/п	Послідовність виконання дій	Дія	Екран
1	Натисніть клавішу [МЕНЮ]	[МЕНЮ]	
2	Натисніть клавішу [F4] для переходу на стор. 2/3	[F4]	
3	Натисніть клавішу [F2]:УСТАНОВКИ	[F2]	
4	Натисніть клавішу [F3]: ДРУГИЕ ПАРАМЕТРЫ	[F3]	
5	Натисніть клавішу [F1]: Миним.отсчет	[F1]	
6	Натисніть клавішу [F1]: УГОЛ Натисніть клавіші [F2], [F4](ОК)	[F2] [F4]	
7	Натисніть послідовно клавіші: [МЕНЮ], [F4],[F2], [F3], [F1]	[МЕНЮ] [F4] [F2] [F3] [F1]	
8	Натисніть клавіші [F2], [F1] [F4] (ОК)	[F2] [F1] [F4]	

Налаштування функції автоматичного вимкнення. Якщо впродовж 30 хвилин не натискати ніякої клавіші, прилад вимкнеться автоматично.

Таблиця 4.28

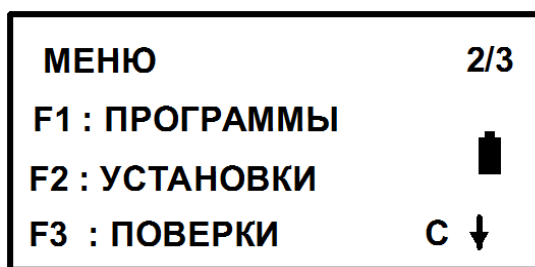
Налаштування функції автоматичного вимкнення

N п/п	Послідовність виконання дій	Дія	Екран
1	Натисніть послідовно клавіші: [МЕНЮ], [F4],[F2], [F3]	[МЕНЮ] [F4] [F2] [F3]	
2	Натисніть клавіші: [F3], [F1], [F4](ОК)	[F3] [F1] [F4]	

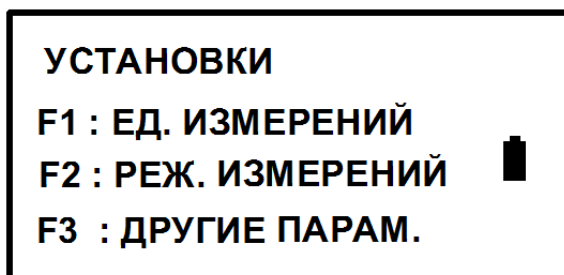
Установлення одиниць вимірювань

Для установлення одиниць вимірювань натисніть клавішу **МЕНЮ**.

Натискаємо клавішу [F4] для переходу на стор. 2/3.



Натискаємо клавішу [F2] (УСТАНОВКИ).



Натискаємо клавішу [F1]:ЕД.ИЗМЕРЕНИЙ


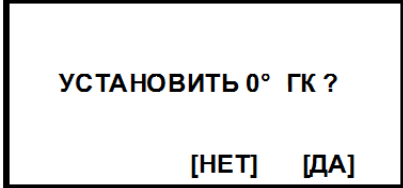
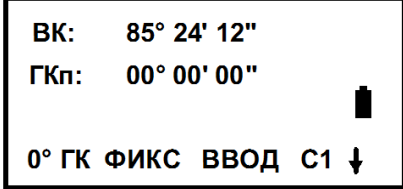
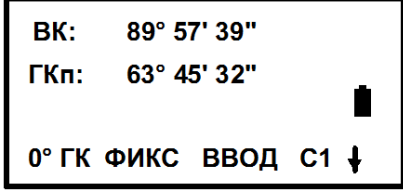
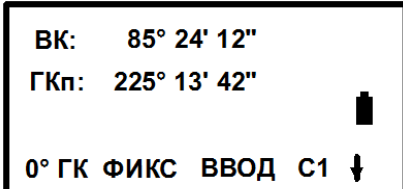
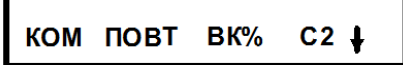

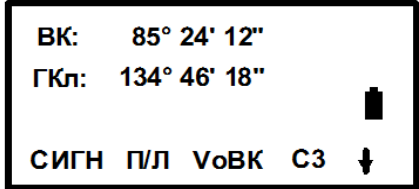
Установлення одиниць вимірювань

Меню	Вибір	Зміст
Натискаємо клавішу F1: ФУТЫ	F1: ГЕОД. ФУТ F2: МЕЖД. ФУТ Підтверджуємо вибір F4 (ОК)	Міжнародний фут Геодезичний фут
Натискаємо клавішу F2: УГЛЫ	F1: ГРАД (360⁰) F2: ГОНЫ (400 g) F3: МИЛИ (6400 М) Підтверджуємо вибір F4 (ОК)	Вибір одиниць вимірювання кутів
Натискаємо клавішу F3: ЛИНИИ	F1. МЕТРЫ F2. ФУТЫ F3. ФУТЫ ДЮЙМЫ Підтверджуємо вибір F4 (ОК)	Вибір одиниць вимірювання лінії
Натискаємо клавішу F4: ТЕМП– ДАВЛЕНИЕ	ТЕМП–ДАВЛЕНИЕ [ТЕМП.: °С] ДАВЛ.: гПА °С °F ОК Курсор відобразиться на стрічці ТЕМП. Вибравши [F1] °С, або [F2] °F. Підтверджуємо вибір F4 (ОК) . Курсор перейде на стрічку ДАВЛ. гПА мм Рт.ст д Рт ст ОК Вибравши [F1]–гПА, або [F2] – мм Рт.ст, чи [F3]–д Рт ст Підтверджуємо вибір F4 (ОК)	Вибір одиниць вимірювання температури: °С/°F Вибір одиниць вимірювання тиску: гПА / мм Рт.ст /дюймы Рт ст

Кутові вимірювання

Переконайтеся, що вибрано режим кутових вимірювань. Приклад вимірювання горизонтальних кутів з установленням нульового відліку на початковий напрям та встановлення зростання відліків горизонтального круга (праворуч/ліворуч) подано у табл. 4.30.

Налаштування зростання відліків горизонтального круга

№ п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Екран
1	Спрямуйте зорову трубу на вибрану ціль А	Спостереження точки А	
2	Натисніть клавішу [F1] (0° ГК) та [F4](ДА).	[F2] [F4]	 
3	Спрямуйте зорову трубу на другу вибрану ціль В. Вимірюваний горизонтальний кут відобразиться на екрані дисплея.	Спостереження точки В	
4	Натисніть двічі клавішу[F4], для того щоб перейти до 3-ої сторінки цього меню (С3↓).	[F4] [F4]	  
5	Натисніть клавішу [F2] (П/Л) для перемикання зростання відліків горизонтального круга (праворуч/ліворуч)	[F2]	
6	Для перемикання зростання відліків горизонтального круга в протилежному напрямі натисніть ще раз клавішу[F2]* <i>Під час кожного натискання клавіші [F2] відбувається зміна напрямку зростання відліків ГК</i>		

В тахеометрі передбачено два режими введення значення відліків горизонтального круга (табл. 4.31): 1. Режим фіксації відліку горизонтального круга за допомогою навідного гвинта 2. Режим введення значення відліку горизонтального круга за допомогою клавіатури.

Таблиця 4.31

Налаштування режиму введення відліків горизонтального круга

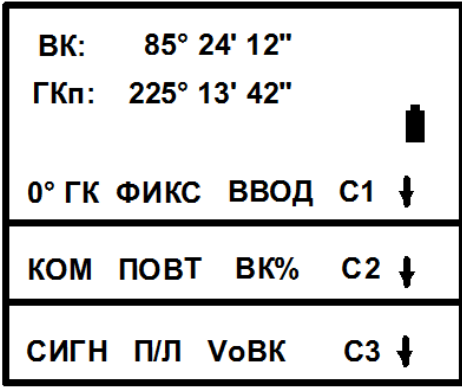

№ п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Екран
1	Відкріпіть алідаду. Обертаючи її установіть приблизне значення відліку. Закріпіть алідаду. За допомогою навідного гвинта алідади ГК установіть точне значення відліку горизонтального круга	Встановлення значення ГК	
2	Натисніть клавішу [F2] (ФИКС)	[F2]	
3	Відкріпіть алідаду і спрямуйте зорову трубу на ціль. Натисніть клавішу [F4](ДА), зафіксується відлік ГК і система повернеться до звичайного режиму виміру кутів.	Спрямування на ціль, [F4]	
4	Спрямуйте зорову трубу на ціль і натисніть клавішу [F3] (ВВОД)	Спрямування на ціль [F3]	
5	Введіть потрібне значення відліку, використовуючи клавіатуру, напр. (220° 45 '37"), відділяючи градуси крапкою, і натисніть клавішу [F4] (ВВОД)	Введення даних [F4]	
6	По завершенні можна виконувати стандартні вимірювання від заданого відліку горизонтального круга.		

Електронний тахеометр може вимірювати вертикальний кут у проміле

(‰), зенітну відстань або кут нахилу. Переконайтеся, що вибрано режим кутових вимірювань.

Таблиця 4.32

Вибір режиму відлічування вертикального круга

№п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Екран
1	Натисніть клавішу [F4], щоб перейти до стор. 2	[F4]	Дивися зображення екрана нижче (№ п/п 3)
2	Натисніть клавішу [F3], * (ВК%). Вертикальний кут вимірюватиметься у ‰.	[F3]	Дивися зображення екрана нижче (№ п/п 3)
3	Натисніть клавішу [F4], щоб перейти до стор.3	[F4]	
4	Натисніть клавішу [F3], ** (V ₀ ВК)	[F3]	

* Щоразу, натискаючи [F3], Ви змінюєте режим вимірювання вертикального кута, кут нахилу в ‰ або зенітну відстань чи кут нахилу, залежно від того, що було вибрано.
 **Щоразу, натискаючи [F3], Ви змінюєте режим вимірювання вертикального кута, зенітну відстань або кут нахилу.

Лінійні вимірювання

Електронний тахеометр SOUTHNTS–352R(L) оснащений лазерним віддалеміром, який дозволяє виконувати вимірювання віддалей без відбивача. Діапазон роботи у цьому режимі – 100 – 200 м, залежно від умов вимірювань, характеру відбиваючої поверхні та її нахилу до лазерного променю. Швидке перемикання між режимами вимірювань виконують за допомогою клавіші ★, далі – вибір відбивача клавішею MENU: ОТРАЖ, БЕЗОТР і ЛИСТ. Під час вимірювання у режимі БЕЗОТР і ЛИСТ приладова поправка дорівнює нулю.

Не забувайте виконувати перемикання між режимами, інакше Ви можете пошкодити віддалемірний блок сильним відбитим сигналом !

Користувач має уникати вимірювань віддалі на ціль з високою відбивною здатністю (наприклад – світлофори), як в інфрачервоному режимі, так і в режимі без відбивача, інакше виміряні віддалі будуть неточними. Вимірювання віддалі в режимі без відбивача: переконайтеся, що лазерний промінь не відбивається від навколишніх об'єктів з високою відбивною здатністю; у процесі вимірювань віддалі, віддалемір, зазвичай, вимірюватиме віддаль до цілі. Якщо ж на шляху проходження променя зустрінуться якісь об'єкти (наприклад, машини, сніг, дощ або туман), віддалемір може виміряти віддаль до найближчого об'єкта; під час вимірювань на великі віддалі, лазерний промінь може відхилитися від лінії візування, що призведе до зниження точності або неможливості вимірювання. Це відбувається через те, що вісь лазерного променя не збігається з візирною віссю приладу. Перед вимірюваннями необхідно відповідну перевірку щоб ці осі збігалися; не виконуйте вимірювання на одну і ту ж ціль двома приладами.

Таблиця 4.33

Вибір одиниць вимірювань: метри / фути / дюйми

№ п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Екран
1	Якщо увімкнувся видний лазер, вимкніть його клавішею [ESC]. Натисніть клавішу [F4] (C1↓) для того щоб перейти на сторінку 2.	[F4]	
2	Натисніть клавішу [F3]* (м/ф/д)** для того щоб змінити одиницю вимірювання віддалі	[F3]	
<p>*При кожному натисканні клавіші [F3] будуть змінюватися одиниці вимірювань. Якщо віддаль виміряна, то при натисканні [F3] на екрані відобразиться віддаль у вибраних одиницях. **м – метри; ф – фути; д – фути і дюйми.</p>			

Встановлення режиму вимірювань віддалі. Тахеометр SOUTH NTS-352R виконує вимірювання у чотирьох режимах: 1.Режим одноразового вимірювання – [FS]; 2. Режим багаторазових вимірювань з усередненням – [FN] (N-кількість вимірювань); 3. Режим стеження (трекінг) – [TR]; 4. Режим безперервних вимірювань з усередненням результатів вимірювань [FR].

Таблиця 4.34

Встановлення режиму вимірювань віддалі

№ п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Екран
1	Увійдіть в режим налаштувань ★. Натискаючи клавішу [МЕНЮ] виберіть тип відбивача: [ОТРАЖ], [БЕЗОТР], [ЛИСТ].	Спостереження призми	
2	Поверніться в початкове меню натиснувши клавішу [ESC]	[ESC]	
3	Для переходу в режим вимірювання ліній натисніть клавішу . Якщо увімкнувся видний лазер, вимкніть його [ESC]. Для вибору режиму вимірювання ліній натисніть клавішу [F2](РЕЖИМ). Кожне натискання клавіші [F2] змінює вид відбивача.	[F2]	
4	Для установлення кількості вимірювань в режимі [FN] (N-кількість вимірювань) натискаємо клавішу [F3] (СРЕДН) та вводимо кількість вимірювань в стрічці ПАРАМ, напр. 2*. Вимірювання з установленою кількістю виконуватимуться як для видного лазера, так і невидного (на відбивач).	[F3]	
*Мінімальна кількість вимірювань – 2, максимальна – 9.			

Виконання вимірювання віддалі

№ п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Екран
1	Увімкніть прилад і спрямуйте зорову трубу на центр відбивача [ОТРАЖ], або на плівку [ЛИСТ], або на вимірювану поверхню [БЕЗОТР].	Спостереження призми	
2	Натисніть клавішу для переходу в режим вимірювання ліній.		
3	Натисніть клавішу [F1](ИЗМР). На екрані відобразяться виміряні величини горизонтального круга (Гкп), горизонтальної проекції (D) і перевищення (h). ^{2) -5)} Або, якщо потрібно натисніть клавішу знову, на екрані відобразяться значення горизонтального круга (Гкп), вертикального круга (ВК) і похилої віддалі (S)		

¹⁾ Коли віддалемір працює, на екрані відображається символ « * ».

²⁾ Індикатор одиниць вимірювання м (метри), ф (футу) або д (дюйми) відображається під час кожного нового вимірювання віддалі.

³⁾ Вимірювання можуть повторюватися автоматично, якщо результат незадовільний або на лінії вимірювання виникають перешкоди.

⁴⁾ Повернутись в режим вимірювання кутів можна, натиснувши клавішу [ANG]

⁵⁾ Натискаючи клавішу , Ви можете вибрати послідовність виведення на екран виміряних значень (Гкп, D, h) або (ВК, Гкп, S)

Перевірка та юстування геометричних параметрів приладу

Перевірку та приведення геометричних параметрів приладу в належний стан виконують на заводі виробника. Проте під час транспортування та зміни кліматичних умов можуть виникнути істотні похибки в роботі приладу.

Для отримання правильних результатів вимірювань перед роботою

необхідно виконати перевірку геометричних параметрів приладу і за необхідності виконати виправлення у відповідності з описаною нижче методикою.

Циліндричний рівень Умова. Вісь бочкового рівня має бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання приладу. Перевірку циліндричного рівня виконують так само, як перевірку рівня теодоліта.

Сферичний рівень підставки. Умова. Вісь сферичного рівня підставки має бути паралельна до вертикальної осі обертання приладу. У приведеному в робоче положення приладі за допомогою циліндричного рівня – бульбашка сферичного рівня підставки має бути на середині. Якщо ні, то за допомогою шпильки та виправних гвинтів бульбашку сферичного рівня приводять на середину.

Перевірка сітки ниток зорової труби Умова 1. Проекція вертикального штриха сітки ниток має бути прямовисна, якщо вертикальна вісь теодоліта прямовисна. Установлюють вертикальну вісь обертання тахеометра за допомогою бочкового рівня, прямовисно. На віддалі 10-15 м, в захищеному від вітру місці, почіпляють на тонкій нитці висок. Спрямовують зорову трубу на нитку виска так, щоб верхній кінець штриха сітки ниток (рис. 4.61, а), або бісектор (той що поділяє навпіл) збігався з ниткою виска (рис. 4.61, б).

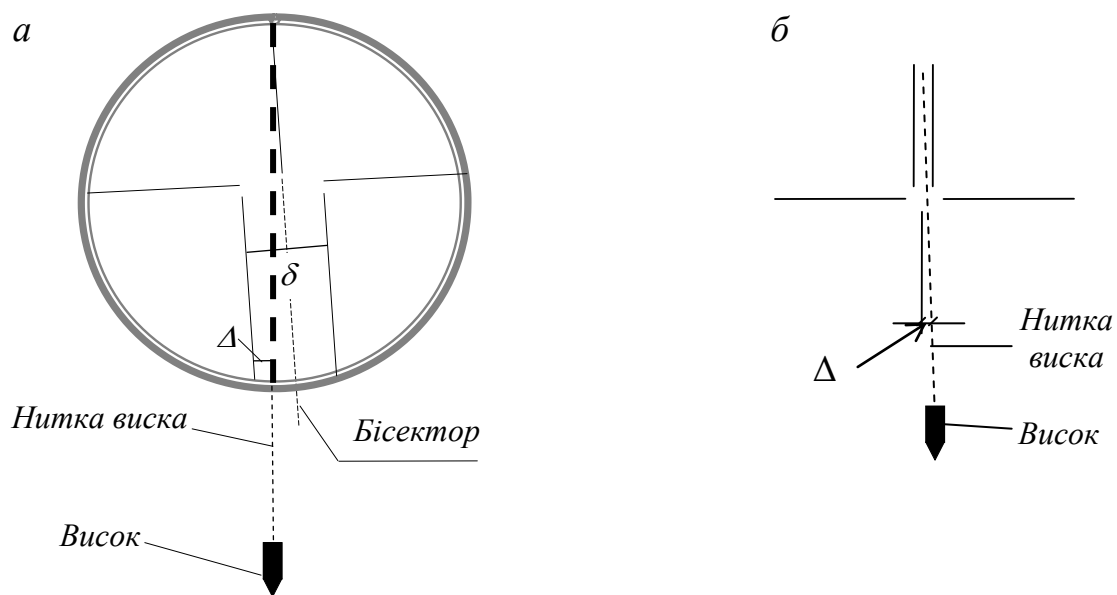


Рис.4.61. Перевірка сітки ниток

Якщо вертикальний штрих сітки і бісектор збігаються з ниткою виска, умова виконується. Якщо не збігається, то вимірюють кут між ниткою виска і нижнім зображенням штриха сітки ниток (на рис. 4.61, б вимірюють Δ в кутовій мірі). Якщо цей кут менший $10''$, то перевірка виконується. Якщо більший, то виправляють. Якщо Δ менше $1/4$ ширини δ між вертикальними штрихами (на рис. 1, а, Δ – приблизно $1/4$ ширини δ між вертикальними штрихами), або більше трьох ширин штриха сітки ниток (на рис. 1, б, Δ – більше трьох ширин штриха сітки), то виконують виправлення. Зазвичай у електронних тахеометрах віддаль між двома вертикальними штрихами в кутовій мірі дорівнює $30''$, а ширина штриха сітки ниток – $3''$.

Виправлення. Зняти кришку з окуляра, під якою є три закріплювальні гвинти (рис. 4.62). Послабити їх викруткою. Обернути сітку ниток навколо візирної осі до збігання вертикального штриха та бісектора із ниткою виска. Затягнути гвинти. Для контролю повторити перевірку. Закрутити кришку окуляра на місце.

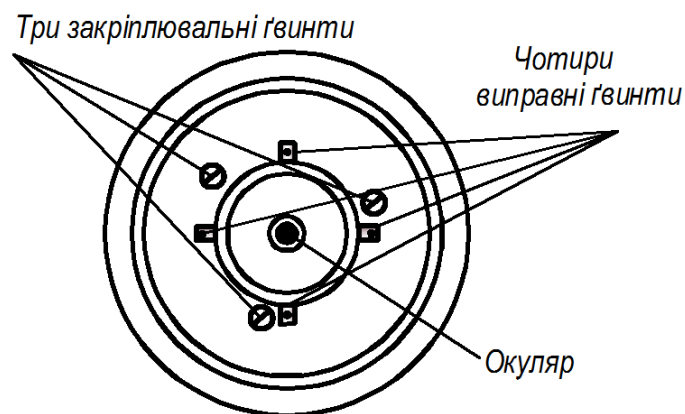


Рис.4.62. закріплювальні та виправні гвинти сітки ниток

Умова 2. Вертикальний штрих сітки ниток зорової труби має бути перпендикулярним до горизонтальної осі приладу. Для перевірки вертикальну вісь приладу якнайточніше установлюють прямовисно і візують низом бісектора на чітко видну точку (рис. 4.63, а). Навідним гвинтом повільно опускають зорову трубу так, щоб верхній край штриха сітки ниток перемістився в точку А (рис. 4.63, б). Точка А може зміститися зі штриха не більше, ніж на дві ширини штриха сітки ниток. Якщо відхилення більше

допуску, то прилад віддають на ремонт.

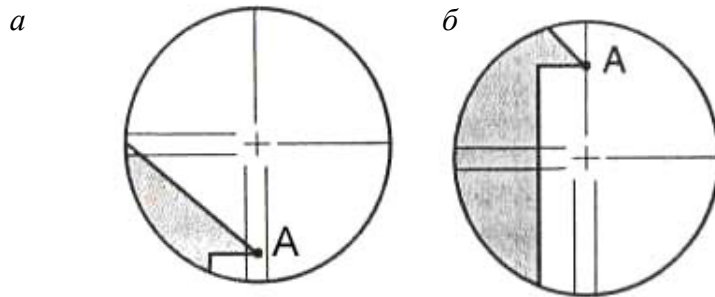


Рис.4.63. Перевірка перпендикулярності сітки ниток до горизонтальної осі

Умова 3. *Центр сітки ниток зорової труби має розташовуватися так, щоби величини колімації і місця нуля не перевищували 10".*

Визначення та виправлення колімації. Для перевірки вертикальну вісь приладу установлюють прямовисно. Вибирають, приблизно на висоті приладу, візирну ціль на віддалі більше 400 метрів. Кут нахилу на ціль має бути в межах $\pm 3^\circ$. Спрямовують центр сітки ниток на точку А з КЛ і відлічують значення горизонтального круга, напр. $ГК = 10^\circ 13' 10''$. Переводять зорову трубу через зеніт і знову спрямовують центр сітки ниток на точку А з КП. Відлічують значення горизонтального круга, напр. $ГК = 190^\circ 13' 40''$. Значення подвійної колімаційної похибки складе: $2C = КЛ - КП \pm 180^\circ = -30'' \geq \pm 20''$. Потрібно виправляти сітку ниток. Виправлення включає оптичне виправлення та електронне юстування.

Оптичне виправлення (виконує тільки кваліфікований працівник або інженер сервісного центру). Виправлення виконують так:

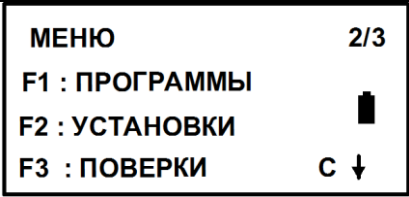
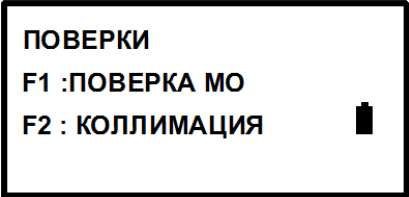
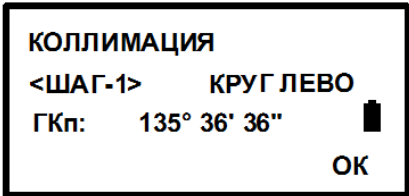
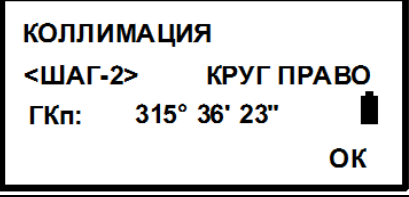
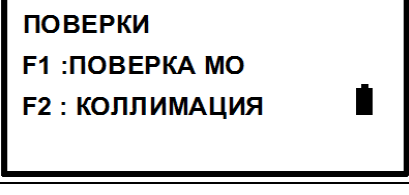
а). Установіть середній відлік горизонтального круга, той що був останній $190^\circ 13' 25''$. Центр сітки ниток зійде із спостережуваної точки.

б). Зніміть кришку з виправних гвинтів сітки ниток. Послабте один із вертикальних виправних гвинтів (рис. 4.62.), а двома виправними горизонтальними гвинтами перемістіть центр сітки ниток точно на ціль.

в). Закріпіть виправні гвинти сітки ниток. Закрийте кришку.

г). Повторюйте перевірку і виправлення до тих пір, поки виконуватиметься умова: колімаційна помилка $|2C| \leq 20''$.

Електронне налаштування

№ п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Дисплей
1	Після приведення приладу в робочий стан, натисніть клавішу [MENU], потім натисніть [F4], щоб перейти до 2-ї сторінки меню.	[MENU] [F4]	
2	Натисніть клавішу [F3](ПОВЕРКА), потім виберіть [F2] (КОЛЛИМАЦІЯ)	[F3] [F2]	
3	Точно спрямуйте центр сітки ниток з КЛ, на ціль А, що розташована приблизно на висоті приладу, і натисніть [F4] (ОК).	Спостереження точки А [F4]	
4	Переведіть зорову трубу через zenit, і знову спрямуйте центр сітки ниток на ціль А з КП. Натисніть [F4] (ОК).	Спостереження точки А [F4]	
5	Налаштування завершено, і прилад автоматично повернеться до меню ПОВЕРКА		

Визначення та виправлення МО(MZ). Виконавши перевірку на колімацію, визначають місце нуля (МО) або місце zenitu (Mz). Перевірку виконують так.

а) Приведіть прилад в робоче положення і увімкніть живлення. Спрямуйте центр сітки ниток на ціль А з КЛ. Відлічіть вертикальний круг КЛ.

б) Переведіть трубу через zenit і спрямуйте центр сітки ниток на ціль А з КП. Відлічіть вертикальний круг КП.

в) Якщо встановлено режим вимірювання zenitних відстаней, то $Mz = (КЛ + КП - 360^\circ)/2$. Для режиму вимірювання вертикальних кутів $M0 = (КЛ + КП - 180^\circ)/2$.

г) Якщо місце нуля МО або $Mz \geq 10''$, то його зводять до величини меншої $10''$. Для цього обчислюють правильний відлік $KЛ_{\text{правильний}} = KЛ - MO$ і навідним гвинтом труби установлюють його. Сітка ниток зійде зі спостережуваної точки. Переміщенням сітки ниток вертикальними гвинтами приводять сітку ниток на спостережувану точку. Перевірку повторюють.

Для електронного налаштування поступають так як описано у табл.4.37.

Таблиця 4.37

Виправлення МО(MZ)

№ п/п	Послідовність виконання дій	Дії	Дисплей
1	Приведіть прилад в робоче положення, натисніть [MENU], потім натисніть [F4] для переходу на 2-гу сторінку меню.	[MENU] [F4]	
2	Натисніть [F3] (ПОВЕРКИ), потім виберіть [F1] (ПОВЕРКА М0)	[F3] [F1]	
3	Точно спрямуйте центр сітки ниток з КЛ, на ціль А, що розташована приблизно на висоті приладу, і натисніть [F4] (ОК).	Спостереження точки А [F4]	
4	Переведіть зорову трубу через zenit, і знову спрямуйте центр сітки ниток на ціль А з КП. Натисніть [F4] (ОК).	Спостереження точки А [F4]	
5	Виправлення завершено, і прилад автоматично повернеться до меню ПОВЕРКИ.		

Якщо значення МО(MZ), після виконання повторного виправлення і

перевірки не задовольняє вимогам, необхідно звернутися в сервісний центр.

Перевірка точності роботи компенсатора. Умова. Компенсатор відлікової системи вертикального круга має забезпечувати сталість відліку під час нахилу вертикальної осі теодоліта в межах роботи компенсатора.

Тахеометр установлюють в робоче положення, розташовують один з піднімальних гвинтів у напрямі точки спостереження. Ретельно візують зоровою трубою на точку і відлічують вертикальний круг (напр. $86^{\circ}45'55''$). Обертають алідаду на 90° і нахиляють вертикальну вісь теодоліта згаданим підймальним гвинтом на 2-3 поділки бочкового рівня алідади горизонтального круга. Візують на ту ж точку ще раз і знову відлічують вертикальний круг ($86^{\circ}45'57''$). Аналогічно нахиляють теодоліт у протилежний бік і відлічують третій раз вертикальний круг ($86^{\circ}45'54''$). Різниця між найменшим і найбільшим відліками (для прикладу – $3''$) не має перевищувати 2-3".

Перевірка меж роботи компенсатора. Для перевірки меж роботи компенсатора установлюють вертикальну вісь обертання тахеометра прямовисно. Перевіряють чи увімкнений компенсатор. Відлічують вертикальний круг. Повільно обертають підймальний гвинт підставки, розташований найближче до напрямку візирної осі. Відлік якийсь час змінюватиметься доки на екрані з'явиться повідомлення «УРОВЕНЬ УШЁЛ». Знову відлічують вертикальний круг. Різниця цього відліку з початковим і дасть кут меж роботи компенсатора у даному напрямі. Перевірку продовжують, обертаючи цей гвинт у протилежному напрямі, попередньо установивши вісь тахеометра прямовисно. Потім двома іншими гвинтами, що розташовані перпендикулярно до візирної осі, обертаючи їх у різні боки нахиляють тахеометр ліворуч і праворуч до припинення дії компенсатора. Різниця відліків початкового і після припинення компенсації, і буде межею компенсації у напрямі, перпендикулярному до візирної осі.

Перевірка перпендикулярності вертикальної і горизонтальної осей електронного тахеометра. Умова. Вісь обертання зорової труби має бути

перпендикулярна до вертикальної осі обертання теодоліта.

Електронний тахеометр розташовують на віддалі 3-4 м від стіни і ретельно установлюють його у робоче положення. Вибирають або позначають на стіні точку *A* розташовану під кутом нахилу $v_1 = (+20^\circ) - (+30^\circ)$. Нахиляють трубу вниз і приблизно ($\pm 1^\circ$) на прямовисній лінії точки *A*, приблизно під таким же кутом нахилу $v_2 = (-20^\circ) - (-30^\circ)$, вибирають або позначають другу точку *B*. Точки вибирають таким чином, щоби під час візування на них не потрібно було змінювати фокусування труби (рис.4.64).

Вибравши точки спрямовують зорову трубу центром сітки ниток на верхню точку *A* і відлічують горизонтальний, напр. KL_1 , та вертикальний, напр. L_1 , круги. Спрямувавши зорову трубу центром сітки ниток на нижню точку, аналогічно відлічують KL_2 та L_2 .

Перевівши зорову трубу через зеніт обертаємо алідаду за ходом годинникової стрілки і візуючи на верхню і нижню точки відлічуємо знову горизонтальний та вертикальний круги. Відповідно отримаємо KP_3 і P_3 та KP_4 і P_4 . Такі вимірювання складають один прийом.

Неперпендикулярність осей визначають двома або чотирма прийомами, обертаючи увесь час алідаду за ходом годинникової стрілки.

Пояснення. Нехай точки *A*, *O*, *B* розташовані на одній прямовисній лінії, а колімаційна похибка $c = 0$. Якщо спрямувати зорову трубу із кругом ліворуч і кругом праворуч на точку *O*, що розташована на висоті приладу, і відлічити KL і KP , то $c = KL - KP = 0$.

Нехай горизонтальна вісь приладу не перпендикулярна до вертикальної і, з боку круга ліворуч, нахилена відносно горизонту вниз.

*Піднявши зорову трубу об'єктивом уверх, відносно точки *O*, ми потрапимо не у правильно розташовану точку *A*, а в уявну точку A_1 (відлік горизонтального круга дорівнюватиме KL). Для того щоб спрямувати зорову трубу на точку *A*, потрібно алідадну частину обернути праворуч (відлік горизонтального круга дорівнюватиме KL_1).*

*Опустивши зорову трубу вниз, відносно точки *O*, ми потрапимо не у*

правильно розташовану точку B , а в уявну точку B_1 (відлік горизонтального круга дорівнюватиме KL). Для того щоб спрямувати зорову трубу на точку B , потрібно алідадну частину обернути ліворуч (відлік горизонтального круга дорівнюватиме KL_2).

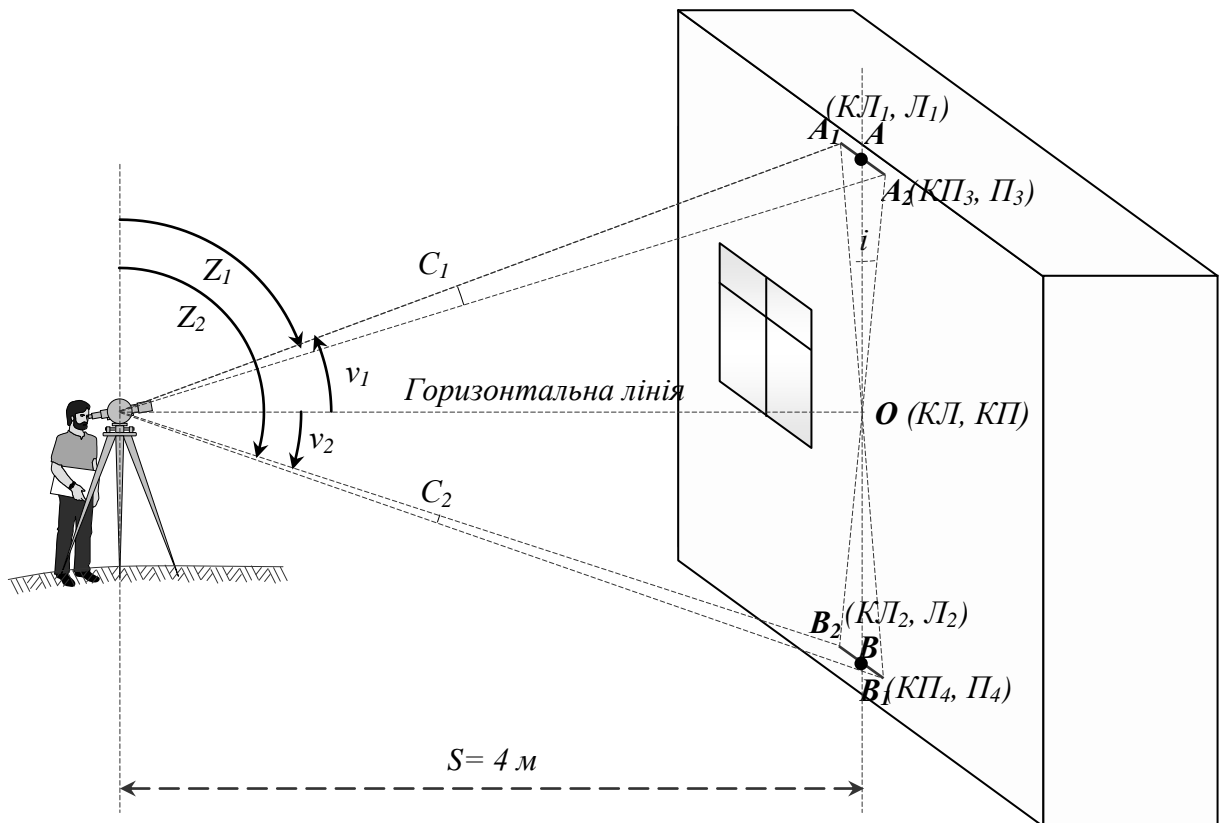


Рис.4.64. До перевірки перпендикулярності горизонтальної і вертикальної осей.

Перевішивши зорову трубу через зеніт спрямуємо її знову на точку O . Тепер горизонтальна вісь приладу з боку круга праворуч, нахилена відносно горизонту вниз.

Піднявши зорову трубу об'єктивом вгору, відносно точки O , ми потрапимо не в точку A , а в уявну точку A_2 (відлік горизонтального круга дорівнюватиме $KП$). Для того щоб спрямувати зорову трубу на точку A , потрібно алідадну частину обернути ліворуч (відлік горизонтального круга дорівнюватиме $KП_3$).

Опустивши зорову трубу об'єктивом вниз, відносно точки O , ми потрапимо не в точку B , а в уявну точку B_2 (відлік горизонтального круга дорівнюватиме $KП$). Для того щоб спрямувати зорову трубу на точку B , потрібно алідадну частину обернути праворуч (відлік горизонтального круга

дорівнюватиме $KП_4$).

Як бачимо, незалежно від того, що колімаційна похибка фактично дорівнює нулю, в дійсності під час спостережень на верхню і нижню точки вона існуватиме. При цьому зауважмо, що знаки колімаційної похибки для верхньої і нижньої точок будуть різними.

Якщо колімаційна похибка дорівнює нулю, горизонтальна і вертикальна осі перпендикулярні між собою, але вертикальна вісь теодоліта не прямовисна (не точно відгоризнтований прилад). Тоді горизонтальна вісь приладу буде також нахилена і в результаті вимірювань отримаємо такі ж похибки, як з не перпендикулярними осями. Позірна величина не перпендикулярності дорівнюватиме похибці нахилу вертикальної осі.

За відліками вертикального круга обчислюють на верхню і нижню точки кути нахилу (зенітні відстані) для кожного прийому за вище поданими формулами і виводять із них середні значення для верхньої $v_1 = 90^\circ - z_1$, і нижньої $v_2 = z_2 - 90^\circ$ точок.

За вище поданими формулами обчислюють колімаційні похибки для кожного прийому на верхню і нижню точки та середні значення для верхньої c_1 і нижньої c_2 точок у секундах.

Для $v_1(z_1) = v_2(z_2)$, кут неперпендикулярності осей обчислюють:

$$i = 0,5(c_1 - c_2) \operatorname{ctg} v_1.$$

Якщо кут i більший допуску, то виправлення виконують у майстерні. Після виправлення перевірку повторюють.

Допуск: кут i має бути меншим $5''$.

Приклад. Електронний тахеометр **SOUTH NTS-352R**

$$KL_1 = 24^\circ 42' 05'' \quad KL_2 = 24^\circ 42' 03'';$$

$$L_1 = 64^\circ 24' 15'' \quad L_2 = 115^\circ 35' 00'';$$

$$KP_3 = 204^\circ 42' 07'' \quad KP_4 = 204^\circ 42' 05'';$$

$$P_3 = 295^\circ 35' 46'' \quad P_4 = 244^\circ 25' 02'';$$

$$c_1 = 0,5 (24^\circ 42' 09'' - 204^\circ 42' 07'' + 180^\circ) = + 2'';$$

$$c_2 = 0,5 (24^\circ 42' 03'' - 204^\circ 42' 05'' + 180^\circ) = -2'';$$

$$i = 0,5 [+2 - (-2)] \operatorname{ctg} 25^\circ 35' = 4,7'' .$$

Висновок. Не перпендикулярність осей допустима.

Перевірка паралельності лінії візування і енергетичної осі

1. Установіть відбивач на віддалі 50 м від приладу.
2. Спрямуйте центр сітки ниток на центр відбивача.
3. Увімкніть прилад і натисніть клавішу налаштування приладу [★].
4. Натисніть клавішу [F4] (ПАРАМ).

ПРИЗМА:	-30.0 мм
РММ :	3.8 ррм
СИГНАЛ:	[■]
ПОСТ РРМ	Т-Д

5. Обертаючи навідні гвинти алідади і труби знайдіть максимум відбитого сигналу у стрічці (СИГН).
6. Центр сітки ниток має збігатися із центром відбивача.
7. Якщо не збігається, то прилад віддають у ремонт.

Перевірка коліматорного прицілу. Візуємо центром сітки ниток зорової труби на чітко видну незброєним оком точку, розташовану на віддалі близько 100 м. Спостережувана точка має бути на стрілці коліматорного прицілу. В разі необхідності виконується виправлення. В горизонтальній площині виправлення проводиться розворотом коліматорного прицілу в азимутальній площині попередньо відкріпивши закріпні гвинти, а у вертикальній площині, підставляємо між ним і трубою алюмінієву фольгу. Закріплюємо послаблені гвинти.

Оптичний центрир. Умова. Візирна вісь оптичного центрира має збігатися з вертикальною віссю обертання приладу.

Ретельно, за допомогою бочкового рівня, установлюємо вертикальну вісь приладу прямовисно. Установлюємо на землю, в місці проєктування сітки ниток оптичного центрира, міліметровий папір. Відлічуємо проєкцію центра

сітки ниток на міліметровому папері, прийнявши за початок координат перетин найближчих грубих ліній міліметрового паперу, а за осі самі лінії (рис. 4.65). Відлічуємо на міліметровому папері проєкцію центра сітки ниток. Наприклад, положення 1 ($X_1 = 2,0$, $Y_1 = 2,6$). Відлічуємо горизонтальний круг. Обертаємо алідадну частину приладу (за відліками горизонтального круга) на 90° . Відлічуємо у цій же системі координат проєкцію сітки ниток на міліметровому папері, положення 2 ($X_2 = 1,7$, $Y_2 = 3,3$). Обертаємо алідадну частину приладу ще на 90° , і знову відлічуємо проєкцію сітки ниток на міліметровому папері, положення 3 ($X_3 = 2,4$, $Y_3 = 3,6$). Ще раз обертаємо алідадну частину на 90° і відлічуємо на міліметровому папері проєкцію сітки ниток, положення 4 ($X_4 = 2,7$, $Y_4 = 2,9$).

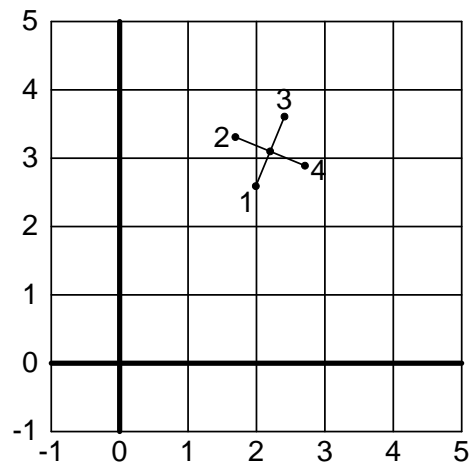


Рис. 4.65. До перевірки оптичного центрира

Різниці відліків положень 1 і 3 – $Y_1 - Y_3 = 2,6 - 3,6 = +1,0$, $X_1 - X_3 = 2,0 - 2,4 = -0,4$ та положень 2 і 4 – $Y_2 - Y_4 = 3,3 - 2,9 = +0,4$, $X_2 - X_4 = 1,7 - 2,7 = -1,0$ мають бути меншими 1 мм. Якщо різниці більші, то відкручуємо кришку доступу до виправних гвинтів сітки ниток центрира, і цими гвинтами переміщаємо сітку ниток на середнє значення відліків із всіх положень на міліметровому папері ($X_{\text{СЕР}} = 2,2$, $Y_{\text{СЕР}} = 3,1$). Закручуємо кришку сітки ниток. Перевірку повторюємо.

Визначення циклічної та приладової поправок віддалеміра

Досліджують циклічну та приладову поправки (ПП) на взірцевому базисі (рис. 4.42). Для досліджень, на знаку 1 установлюємо електронний тахеометр, а

на знаках фазової ділянки – 3-13 – відбивач. Висоту відбивача встановлюємо такою ж як і приладу. Висоту відбивача, якщо потрібно, змінюють адаптером висоти або, якщо потрібно змінити її незначно, обертаючи всі три підймальні гвинти підставки в один бік.

До початку вимірювань входять в режим налаштування (★) і встановлюють приладову поправку нуль. Вимірюють на висоті приладу психрометром Ассмана температуру повітря і атмосферний тиск барометром-анероїдом. Вводимо ці дані у режимі налаштування (★). Вимірюємо кожен нахилу (S) віддаль 6-ма прийомами у режимі **СРЕДН** з установленням кількості вимірювань 9. Записуємо вимірні віддалі у таблицю.

Таблиця 4.38.

Визначення приладової поправки приладу

Назва віддалі	Віддаль D_0 , мм	Результат вимірювання тахеометром $D_{\text{вим}}$, мм	$\Delta D_{\text{ц}} = (D_{\text{вим}} - D_0)$, мм	$\Delta = \Delta D_{\text{ц}} - \text{ПП}$, мм
1	2	3	4	5
1-2	1,0039	1,0314	+27,5	-1,84
1-3	9,9833	10,0121	+28,8	-0,54
1-4	10,9848	11,0127	+27,9	-1,44
1-5	11,9873	12,0167	+29,4	+0,06
1-6	12,9805	13,008	+27,5	-1,84
1-7	13,9879	14,0162	+28,3	-1,04
1-8	14,9798	15,0069	+27,1	-2,24
1-9	15,9831	16,0131	+30,0	+0,66
1-10	16,9825	17,0136	+31,1	+1,76
1-11	17,9816	18,014	+32,4	+3,06
1-12	18,9882	19,018	+29,8	+0,46
1-13	19,9996	20,034	+34,4	+5,06
1-14	28,9988	29,026	+27,2	-2,14
1-15	30,0012	30,0290	+27,9	-1,50
1-16	159,2497	159,2809	+31,2	+1,84
			ПП= -28.8	$m_D = 2.42$

Переставляємо прилад на знак 2 і ще раз виконуємо ті ж самі дії.

Під час роботи користуються тим самим відбивачем, що і під час визначення ПП. Для інших відбивачів ПП буде іншою.

У таблиці D_0 – віддаль між знаками виміряна з точністю не меншою 0.6

мм на фазовій ділянці, 1 мм для 500 метрової віддалі і 2 мм для 2-х кілометрової. $D_{\text{вим}}$ – виміряна тахеометром похила віддаль з уведеною поправкою за атмосферні умови.

Середнє із значень 4 стовпчика і є ПП_1 . Визначивши так само ПП_2 із 2-го знаку, обчислюємо середнє значення $\text{ПП} = (\text{ПП}_1 + \text{ПП}_2)/2$ і вводимо його у пам'ять приладу. Знову вимірюємо температуру і тиск перед кожним вимірюванням лінії, біля приладу і відбивача на їхніх висотах, і якщо вони змінюються вводимо, перед кожним вимірюванням, в пам'ять приладу. Тепер додатково, так само як на фазовій ділянці, вимірюємо ще віддалі до 14 і 15 знаків із першого і другого знаків.

Обчислюємо різниці $\Delta = D_{\text{вим}} + \text{ПП} - D_0$, (таблиця, стовпчик 6). Обчислюємо, за формулою регресії $m = 2+2 \text{ ppm } D$, допустиму похибку вимірювання кожної лінії тахеометром. Похибка Δ (стовпчик 6) має бути меншою від похибки m обчисленої за формулою регресії.

Для точних вимірювань ПП вводять із графіка, згідно із значенням метрів на які закінчується вимірювана віддаль. Наприклад, виміряна лінія $D = 232,5$ м, коли у приладі $\text{ПП} = 0$. Тоді приладова поправка яку вводять у вимірювану віддаль – $\text{ПП} = -27,56$ мм (рис. 4.66). Для решти – середнє значення $\text{ПП} = -28,8$ мм, яке, зазвичай, вводять у прилад. За даними вимірювань фазової ділянки (знаки 3-13) будують графік циклічної поправки (рис. 4.66).

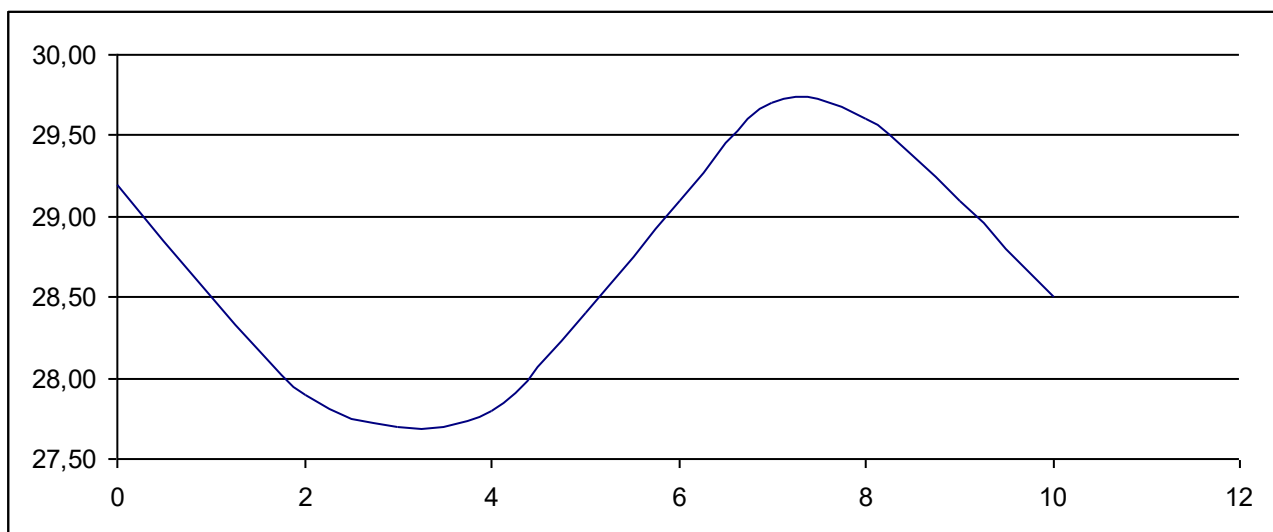


Рис. 4.66. Графік циклічної поправки

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Будова телескопічної тички.
2. Відображувані символи на дисплеї тахеометра.
3. Де використовується зчитування кутів за допомогою оптичного проміння?
4. Для чого в комплекті тахеометра бленда?
5. Для чого використовується штриховий растр?
6. Для чого слугує клавіша маніпулятор?
7. Клавіша введення результатів.
8. Класифікація тахеометрів за принципом дії.
9. Наведіть класифікацію тахеометрів за типом далекоміра та способом реєстрації результатів вимірювань.
10. Наведіть класифікацію тахеометрів за типом механізму обертання.
11. Наведіть принципову і структурну схему тахеометра.
12. Описати порядок проведення дослідження приладової поправки віддалеміра.
13. Основні геометричні умови. Основні осі тахеометра.
14. Панель керування приладом. Функціональні клавіші.
15. Повернення на попередню сторінку.
16. Режими вимірювання горизонтальних кутів. Режими вимірювання ліній.
17. Способи вимірювання вертикальних кутів.
18. Чим відрізняються електронні теодоліти від електронних тахеометрів?
19. Що використовують в електронних теодолітах для підвищення точності?
20. Що входить до комплекту тахеометра Leica TCR 405 Ultra?
21. Що входить до комплекту тахеометра Sokkia SET 610?
22. Що може використовуватись в електронних тахеометрах?
23. Що таке електронний польовий журнал?
24. Що таке цифровий метод?

25. Як виконують дослідження і виправлення місця нуля двохосьового компенсатора?
26. Як виконують дослідження і встановлення електронного рівня?
27. Як виконують дослідження і встановлення сферичного рівня підставки?
28. Як виконують дослідження і встановлення циліндричного рівня?
29. Як виконуються горизонтування приладу?
30. Як відкріпити тахеометр або марку від підставки?
31. Як користуватися зарядним пристроєм?
32. Як перевірити місце нуля та колімації?
33. Як перевіряють бусоль, колімаційний приціл?
34. Як перевіряють оптичний центри, сітку ниток?
35. Яка дискретність кутових одиниць?
36. Яка мінімальна віддаль фокусування тахеометра Leica TCR 405 Ultra?
37. Яка мінімальна віддаль фокусування тахеометра Sokkia SET 610?
38. Яка основна умова встановлення електронного рівня?
39. Яка основна умова дослідження і виправлення місця нуля двохосьового компенсатора?
40. Яка основна умова перевірки місця нуля та колімації?
41. Яка основна умова перевірки оптичного центрира?
42. Яка точність вимірювання ліній тахеометром Sokkia SET 610?
43. Яке збільшення зорової труби тахеометра Leica TCR 405 Ultra, Sokkia SET 610?
44. Який діапазон вимірювання ліній на 1 призму, на 3 призми?
45. Який тип компенсатора застосовують у тахеометрі Leica TCR 405 Ultra?
46. Який тип компенсатора застосовують у тахеометрі Sokkia SET 610?
47. Які величини являються вимірюваними, які обчисленими?
48. Які одиниці вимірювання кутів у тахеометрі?

Розділ 5

НАЗЕМНЕ ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ. МУЛЬТИСТАНЦІЇ ТА НАЗЕМНІ ЛАЗЕРНІ СКАНЕРИ.

З аналізу сучасного стану геодезичних та будівельних робіт зрозуміло, що при сьогоднішньому збільшенні обсягів та зменшенні часу на їх виконання необхідне новітнє технічне геодезичне забезпечення. На сучасному етапі широко використовують електронні тахеометри, що значно зменшують час роботи, не втрачаючи точності та якості знімання. А з появою без-рефлекторних приладів, тобто таких, що працюють без відбивача, робота істотно спростилася. Достатньо навести трубу тахеометра на точку і отримати відстань з необхідною точністю. Промінь відбивається від різних поверхонь. Проте скільки часу знадобиться для детального знімання складного фасаду будівлі або промислового об'єкта, та з якою точністю та щільністю вона буде зроблена, впевнено відповісти складно.

Набагато швидше, простіше і надійніше можна виконати таку роботу за допомогою наземного лазерного сканування (HDS). Цей метод дає змогу створити цифрову модель всього навколишнього простору, подавши його набором точок з просторовими координатами. Основна відмінність від традиційних приладів і методів - набагато більша швидкість вимірювань, сервопривід, що автоматично повертає вимірювальну головку в обох - горизонтальній та вертикальній - площинах і найголовніше - швидкість 5000 вимірювань за секунду (в середньому) і щільність до десятків точок на 1 кв. см. поверхні. Одержана після вимірювань модель об'єкта є гігантським набором точок (від сотень тисяч до декількох мільйонів), що мають координати з точністю від 1 до декількох міліметрів.

Скануючий тахеометр Leica Nova MS60 (рис. 5.1) з революційним польовим програмним забезпеченням Leica Captivate перетворює складний набір просторових даних в прості та зручні для роботи 3D моделі. Використовуючи зрозумілі прикладні програми і сенсорні технології, всі типи

вимірювань і проектні дані можна переглядати у трьох площинах. Польове ПО Leica Captivate може застосовуватися в різних сферах і галузях незалежно від того, з яким інструментом Ви працюєте: GNSS приймачем, тахеометром або і тим і іншим.



Рисунок 5.1 - Скануючий тахеометр Leica Nova MS60

Мультистанція - передовий інженерний інструмент, об'єднуючий в собі функціонал роботизованого тахеометра, сканера, фотограмметричної станції і з можливістю доповнення GNSS приймачем. Орієнтовані на виконання найбільш складних, комплексних завдань.

Наземне лазерне сканування (НЛС) - на сьогоднішній день найбільш оперативний і продуктивний спосіб отримання точної і як найповнішої інформації про просторові об'єкти. Суть технології полягає у визначенні точних просторових координат точок поверхні об'єкту.

Що таке тривимірний сканер? Принцип роботи лазерного сканера аналогічний принципу роботи безвідбивного електронного тахеометра і полягає у вимірюванні часу проходження лазерного променя від випромінювача до поверхні, що відбиває, і назад до приймача. Шляхом ділення цього часу на швидкість поширення лазерного променя визначається відстань до об'єкта.

Сканер складається з лазерного далекоміра, адаптованого для роботи з

високою частотою, і блоку розгортки лазерного променя. В якості блоку розгортки в сканері виступають сервопривід і полігональне дзеркало або призма. Сервопривід відхиляє промінь на задану величину в горизонтальній площині, при цьому повертається вся верхня частина сканера, яка називається голівкою. Розгортка у вертикальній площині здійснюється за рахунок обертання або гойдання дзеркала.

У процесі сканування фіксується напрямок поширення лазерного променя і відстань до точок об'єкта. Результатом роботи сканера є растрове зображення –скан, значення пікселів якого являють собою елементи вектора з наступними компонентами: вимірною відстанню, інтенсивністю відбитого сигналу і RGB-складової, що характеризує реальний колір точки. Для більшості моделей НЛС характеристики реального кольору для кожної точки сполучено за допомогою неметричної цифрової камери.

Іншою формою представлення результатів наземного лазерного сканування є масив точок лазерних віддзеркалень від об'єктів, що знаходяться в полі зору сканера, з п'ятьма характеристиками, а саме просторовими координатами (x, y, z), інтенсивністю і реальним кольором.

В основу роботи лазерних далекомірів, використовуваних у сканерах, покладені імпульсний і фазовий безвідбивні методи вимірювання відстаней, а також метод прямої кутової розгортки (тріангуляційний метод).

Зниження витрат. Системи HDS дозволяють значно знизити витрати кількома шляхами:

- Зменшення вартості виконавчої та топографічної зйомки;
- Зниження або повне виключення повторних додаткових зйомок об'єкта;
- Більш точні креслення і звіти виконавчої зйомки. Це означає: по-перше, зменшення конструктивних робіт через завчасної зйомки і виключення пересічний основних магістралей і конструкцій, а, по-друге, можливість заводського будівництва великих конструкцій, а не добудовування «за місцем»;
- Зниження робіт за рахунок швидкої і неруйнуючої зйомки і мінімального часу польових робіт.

Додаткові переваги

Крім зниження прямих витрат системи HDS надають додаткові переваги: швидке отримання результатів; зменшення загального циклу робіт над проектом; більш якісний результат; менше неоднозначностей - велика повнота; високий рівень деталізації; безпеку робіт при зніманні; хмари точок можуть бути використані іншими фахівцями з більшою ефективністю.

Наземний лазерний сканер Leica Scanstation P20 (рис. 6.2) – це знімальна система, яка вимірює з високою швидкістю відстані від сканера до поверхні об'єкту і реєструє відповідні напрями з подальшим формуванням тривимірного зображення у вигляді хмари точок. Це новітнє обладнання для проведення будь-яких геодезичних робіт.



Рисунок 5.2 - Наземний лазерний сканер Leica Scanstation P20

Аналізуючи можливості лазерних сканерів, можна зробити висновок, що технічне та програмне забезпечення у приладів різних фірм практично однакове, але можливості та якість виконаної роботи дещо відрізняються. Якщо розглянути детально, то до основних параметрів лазерних сканерів можна зарахувати: точність вимірювання кутів та віддалей, швидкість сканування,

діапазон сканування, поле зору у вертикальній та горизонтальній площинах, передавання даних та обробка отриманих результатів.

У більшості моделей сканерів використовують імпульсний лазерний віддалемір та конструкцію з двома рухомими дзеркалами для зміщення променя у вертикальній та горизонтальній площинах.

Точність вимірювання кутів та ліній є одним із найважливіших параметрів під час оцінки лазерного сканера. За цим параметром лазерні сканери переважно залежать від точності роботи серводвигунів, які переміщують дзеркала, забезпечуючи точність скерування лазерного променя на об'єкт. Якщо точність вимірювання задається великою, то швидкість сканування знижується і навпаки.

Швидкість сканування є важливим параметром, оскільки впливає на час та обсяги роботи. Сьогодні сканери можуть досягати швидкості до 500000 пунктів/с, крім того, цей параметр можна регулювати залежно від потреби.

Наступним, не менш важливим параметром, є відстань сканування, яка також впливає на терміни виконання роботи і залежить насамперед від поверхні, на яку здійснюється вимірювання, тобто від відношення інтенсивності відбитого сигналу до вихідного - так званого альбедо. Чим темніша поверхня, тим меншою буде інтенсивність відбитого сигналу, і відповідно меншою буде і відстань сканування. Тому варто звертати увагу, за якого альбедо були отримані заявлені максимальні віддалі вимірювання.

3-D лазерні сканери можна додатково класифікувати за принципом ведення вимірювань на імпульсні та фазові.

- Імпульсні сканери мають перевагу щодо далекості вимірювань.
- Фазові сканери мають перевагу у швидкості (на порядок), але втрачають точність зі зростанням віддалі до об'єкта, тому зазвичай застосовуються для знімання інтер'єрів або замкнутих просторів (тунелів, печер тощо).

Ще одним важливим параметром класифікації сканерів є сфера їх застосування:

- Фасадні сканери мають перевагу в далекості і швидкості вимірювань, але мають обмежену зону сканування. Основна сфера застосування фасадних 3D сканерів - знімання відкритих ділянок місцевості і зовнішньої поверхні великомасштабних об'єктів (фасадів будівель і споруд), яка виконується зазвичай з декількох станцій.

- Інтер'єрні сканери мають максимально широку зону сканування, але поступаються за далекістю вимірювань, тому зазвичай застосовуються для знімання інтер'єрів або невеликих замкнутих просторів (тунелів, печер тощо).

Поле зору приладу залежить від його конструкції і в горизонтальній площині становить 360° , а у вертикальній площині варіюється від 60° до 310° (так звані панорамні сканери).

Зберігання даних здійснюється безпосередньо на прилад або через вбудований інтерфейс на ноутбук. У новітніх приладах для передавання даних використовується безпроводна технологія Wi-Fi та/або стандартний роз'єм Ethernet.

Інтегровані лазерні сканери укомплектовані цифровою камерою, завдяки чому можна попередньо візуалізувати об'єкт, що сканується, для спрощення вибору області сканування та подальшої обробки й моделювання.

Живлення приладу здійснюється від акумуляторної батареї або безпосередньо від мережі 220 В. При останньому способі можуть виникати проблеми з доступом до електричної мережі.

Робочі параметри роботи сканерів коливаються від 0°C - до $+40^\circ\text{C}$, проте існують лазерні сканери, такі як Leica HDS 4400, що можуть працювати за екстремально низьких температур - до -40°C .

Єдиними недоліками лазерних сканерів є вага понад 10 кг та обмеження можливостей проведення робіт погодними умовами.

Загалом весь процес сканування є максимально автоматизованим. Дані вимірювань у реальному часі накопичуються у спеціальній базі даних на вбудованому чи зовнішньому на-копичувачі. На швидкість ведення робіт

істотно впливає кваліфікація оператора, оскільки від неї залежить кількість станцій та правильний вибір щільності (кроку) сканування.

Наземне лазерне сканування як спосіб відображення місцевості і реальної поверхні об'єктів у вигляді їхнього тривимірного зображення разом із електронними тахеометрами та системами GPS успішно використовують у таких сферах: інженерна геодезія; знімання промислових об'єктів з великою кількістю комунікацій, атомні, теплові, гідроелектростанції, знімання автомобільних і залізничних шляхів, мостів, знімання та профілювання тунелів та іншій гірській промисловості; визначення об'ємів гірських порід, які видобуто у результаті вибуху або запасів сировини, 3D-моделювання відкритих кар'єрів та підземних шахт, маркшейдерський супровід бурових робіт та будівництво і проектування родовищ корисних копалин. Лазерне сканування забезпечує принципово нові можливості для визначення об'ємів гірських порід. За рахунок високої густини точок та точності визначення просторових координат поверхні гірських порід точність визначення об'ємів становить 0,5 %. Час роботи порівняно з традиційними методами зменшується в десятки разів.

- Архітектура: архітектурні обміри, геодезичне забезпечення проектування і монтажу фасадних конструкцій; контроль деформацій; 3B-моделювання будівель, вулиць і кварталів; складання детальних планів і 2B-креслень; моніторинг фасадів; створення та відновлення виконавчої документації та створення робочих креслень.

- Будівництво та експлуатація споруд: 3D-моделювання; коригування проекту в процесі будівництва; оптимальне планування і контроль переміщення монтажні роботи; моніторинг стану об'єкта під час експлуатації; відновлення втрачених креслень.

- Управління дорогами: знімання дорожнього полотна, створення 3B-моделі рельєфу; проектування, реконструкція і будівництво об'єктів інфраструктури; діагностика стану рейкової колії, будівництво під'їзних шляхів, контроль граничних величин відхилень, контроль верхнього стану автодоріг.

- Енергетика: знімання об'єктів (кабелі, опорні конструкції), створення ЗБ-моделей, монтажні роботи; моніторинг стану об'єкта, контроль деформацій, складання планів і креслень.

- Інвентаризація об'єктів нерухомості.

Ще одним з важливих напрямів застосування технології лазерного 3D-сканування є знімання індустриальних об'єктів. Сьогодні в Україні складна ситуація, коли актуальні плани підприємств та заводів відсутні, оскільки більшість з них перепрофілювалися і повністю або частково змінили обладнання після розпаду Радянського Союзу. Технічна документація часто втрачена або де-факто застаріла. Тільки метод лазерного сканування дасть змогу швидко створити повний комплекс документації про геометрію об'єктів та застосовувати ці дані для моделювання і модернізації. Наприклад, сканування агрегату однієї з газоперекачувальних станцій було виконано всього за один робочий день!

Розвиток технологій наземного лазерного сканування полягає у створенні мобільних сканувальних лазерних систем, які дають можливість виконувати тривимірне знімання лазерними сканерами, що рухаються. Як рухому основу для цієї мети можна використати рухомий склад автомобільного, залізничного, а також водного транспорту.

Ці системи можна використовувати для знімання довгих лінійних об'єктів, таких як автомобільні шляхи та залізниці з прилеглими до них елементами місцевості, ліній електропередач, і вишукування для побудови нових ліній. Також можуть застосовуватись у, на перший погляд, незвичайних галузях, для визначення ушкоджень будівель, автодорожній та кримінальній поліції.

Серед перспектив розвитку лазерних сканерів - удосконалення їх технічних параметрів, а саме підвищення точності визначення відстані та кутових вимірювань, збільшення можливості дальності сканування (лазерні сканери: Leica HDS 4400 - до 700 м, Riegl LMS-Z420i - до 1000 м), що дасть змогу використовувати лазерні сканери у топографічному зніманні для

створення великомасштабних карт, інтегрування лазерних систем із системами позиціонування GPS, зменшення розмірів та ваги приладів, та можливості роботи приладів за низьких температур для ефективнішого використання.

На ринку геодезичних послуг все ширше застосовується технологія лазерного сканування, яка дає змогу виконувати складні інженерні задачі за короткий час. Цей процес стає все менш трудомістким, оскільки лазерні сканери забезпечують високий рівень автоматизації та точність, що дає їм змогу конкурувати із електронними тахеометрами за точністю, вартістю та швидкістю роботи. Лазерні сканери широко застосовують під час розв'язання інженерних задач, будівельних та реставраційних робіт, в енергетиці та інвентаризаційних зйомках, а також для моніторингу складних об'єктів та дорожнього покриття. Крім цього, важливо зазначити, що фірми постійно удосконалюють лазерні сканери, надаючи їм нові функціональні можливості, що підвищує їх конкурентоспроможність.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть призначення мультистанції.
2. Поясніть призначення скануючої станції.

Розділ 6

ГЛОБАЛЬНІ НАВІГАЦІЙНІ СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ІСТОРІЇ СТВОРЕННЯ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ. ПРИНЦИПИ РОБОТИ СИСТЕМ GPS. СУПУТНИКОВЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

6.1. Поняття про глобальні навігаційні супутникові системи

Після успішного запуску перших штучних супутників Землі (ШСЗ) та моніторингу за ними, одним із завдань стало створення навігаційної системи, для визначення місцеположення в будь-якій точці на поверхні Землі, тобто створити всесвітню супутникову навігаційну систему (ГСНС). Військовою службою США в 1958 році розпочато розробку першої глобальної навігаційної системи Transit (повна назва Transit Navigation Satellite System). Починаючи з 1964 року розпочався запуск супутників цієї системи. Перших сім супутників було відправлено на орбіту до 1967 р. Визначити положення об'єктів можна було тільки тоді коли над ними проходили супутники, що приблизно повторювалось через майже 1,5 годинні інтервали це було недоліком цієї системи на практиці. Виконуючи екстраполяцію результатів попередніх вимірів можна отримати дані про положення об'єкту.

Систему Navigation System with Time and Ranging, Global Position System (аббревіатура NAVSTAR/GPS) Міноборони США почало створювати ще в 1973 р., але останній супутник було запусчено у 1994 р. Українською ця назва звучить навігаційна система часу і віддалей, глобальна система визначення місцеположення. У 1979 р, проведені перші спроби використання цієї системи, а вже починаючи з 1983 року, вона активно використовувалась цивільними користувачами навіть не зважаючи на те, що повністю розгорнута лише в 1995 р. Повністю відкритою система GPS для всіх цивільних користувачів стала згідно розпорядженням Президента США з 1 травня 2000 р. Кількість цивільних користувачів різко збільшилась, особливо при використанні

приймачів в геодезичному і топографічному зніманні. Глобальна система визначення місцеположення (GPS) NAVSTAR є всепогодною космічною системою, яка розвивається Міноборони США для безперервного забезпечення користувачів, розташованих у будь-якому місці на Землі або поблизу неї, високоточними даними про їх положення, швидкість та час у єдиній системі відліку.



Рис. 6.1. Застосування навігаційної супутникової системи

ГНСС мають дуже великі можливості і широке використання: морська та повітряна навігація, сухопутний транспорт, геодезичні вимірювання, картографія, екологічний, промисловий і сільськогосподарський моніторинг, всесвітня служба точного часу тощо. Перевагами ГНСС є можливість їх цілодобового використання в будь-якій точці поверхні Землі чи навколишнього простору, її всепогодність та доступність.

Застосування системи GPS у геодезичному виробництві полягає

насамперед у розвитку високоточних геодезичних мереж та проведення топографічних та кадастрових знімів різних спостереження за рухами земної кори та деформаціями споруд та розв'язання інженерно-геодезичних задач. Геодезичними GPS-приймачами координати точок можна визначити з точністю від 1 м до 1мм залежно від методу вимірювань.



Рис 6.2. Схема роботи системи NAVSTAR/GPS

На сьогодні діє дві глобальні навігаційні супутникові системи - система NAVSTAR (США) та ГЛОНАСС (Російська Федерація). Крім того ЄС створює – GALILEO, а Китайська народна республіка – Compass (друга назва Бейдоу).

Російська глобальна навігаційна супутникова система ГЛОНАСС (ГЛОбальна НАвігаційна Супутникова Система) розроблена Міністерством оборони колишнього СРСР. Впроваджена для використання з 1990 року, проте повністю була розгорнута лише нещодавно. ГЛОНАСС також повністю відкрита для цивільного користувача.

Тільки пункти, які були закріплені на земній поверхні, або у капітальних будівлях (їхнє положення тривалий період було незмінним), служили до цього

часу носіями координат. Використати ШСЗ, які знаходяться в безперервному русі, як носії координат змінювало світогляд геодезистів.

Виходячи з цієї ідеї, положення пунктів на поверхні Землі можна отримати відносно рухомих супутників методом динамічної просторової засічки, але при цьому необхідно отримати приймачем сигналів не менше від 4 супутників та точно знати момент часу, в якому виконуються вимірювання, що забезпечить визначення положення ШСЗ в просторі під час вимірювань. При цьому GPS-приймач дозволяє визначити координати об'єкта, швидкість його руху і точний час.

Координати супутників необхідно постійно знати для застосування динамічної просторової засічки. Безперервні сигнали передають в напрямку Землі радіопередавачі ШСЗ. Ці сигнали несуть інформацію про миттєві координати супутників і миттєвий час надсилання сигналу. Сигнали, надіслані від різних супутників одночасно, приймаються відповідними приймачами, що розташовані на земній поверхні у точках із шуканими координатами.

Приймачі фіксують час приходу сигналу на антену приймача і, використовуючи швидкість поширення радіосигналу у просторі, визначають миттєву віддаль до супутника. За визначеними віддальми до 4-х супутників та їх миттєвими координатами, розв'язується пряма просторова засічка, з якої знаходять геоцентричні координати пункту спостереження і точний час [39].

6.2. Будова системи NAVSTAR/GPS

Система складається з трьох сегментів (рис. 6.3.), а саме:

- Космічний сегмент. До нього входять штучні супутники Землі, що передають на Землю радіосигнали.
- Контрольний сегмент (станція керування). КС стежить за станом роботи цілої системи.
- Сегмент користувачів. Включає приймачі різних типів та їх програмне забезпечення та ЕОМ.

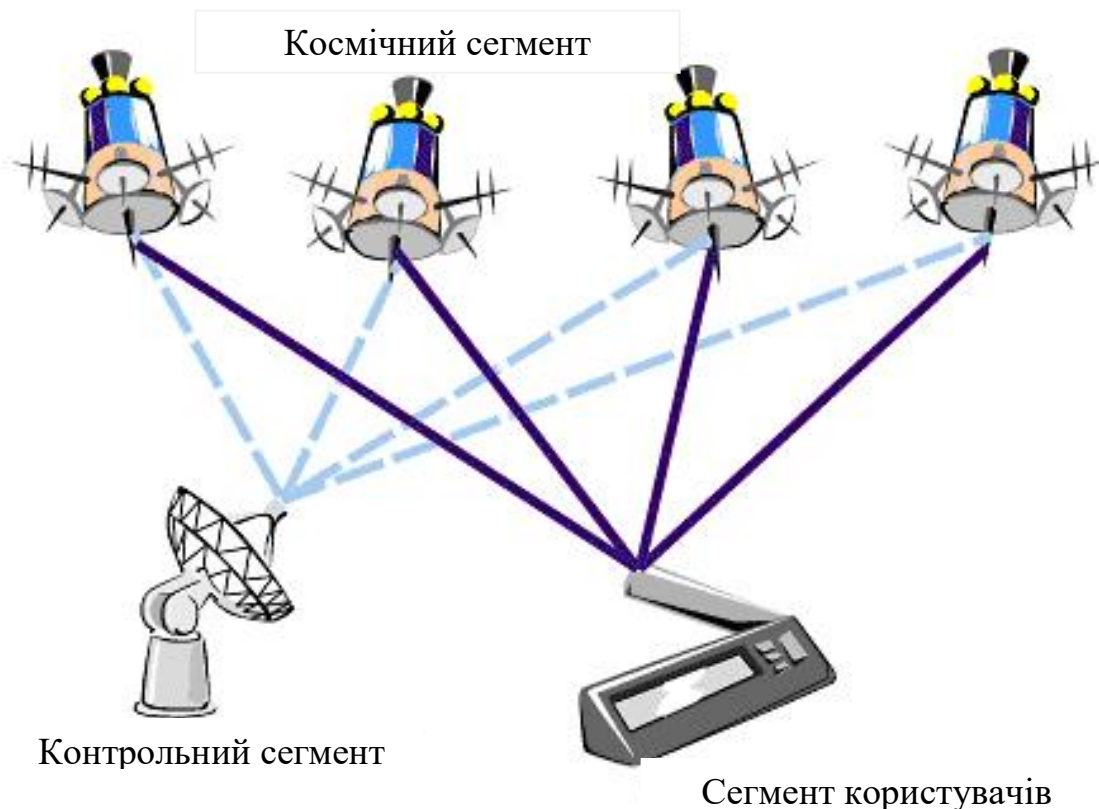


Рис. 6.3. Взаємозв'язок сегментів системи

До космічного сегменту системи GPS належить 24 діючих ШСЗ та чотири запасних (зараз 31 робочий супутник), які рухаються навколо Землі по колових орбітах з висотою приблизно 20200 км. За 12 зоряних годин супутника довкола Землі здійснює повний оберт. Якщо супутник вийде з ладу то швидко замінити може запасний супутник. З будь-якого пункту на Землі можна приймати сигнали не менше, як 6 ШСЗ завдяки правильній конфігурації орбіт супутників.

Дані щодо запуску супутників та їх основні характеристики наведено в таблицях 6.1 та 6.2.

Таблиця 6.1

Дані про запуск супутників GPS

Блок супутників							
Періоди запуску	<u>I</u> 1978-85	<u>II</u> 1989-90	<u>IIA</u> 1990-97	<u>IIR</u> 1997-04	<u>IIR-M</u> 2005-09	<u>IIF</u> 2010-16	<u>IIIA</u> з 2017
<u>Запущено</u>	10	9	19	12	8	12	12
Неуспішно	1	0	0	1	0	0	0
<u>Діючі</u>	0	0	0	12	7	12	12
<u>Всього</u>	11	9	19	13	8	12	12

Основні характеристики GPS-супутників

Тип супутника	Block-II	Block -IIA	Block-IIR	Block-IIRM	Block-IIF
Маса, т	0,885	1,5	2,0	2,0	2,17
Тривалість роботи (рік)	7,5	7,5	10,0	10,0	15,0
Бортовий час (стандарт частоти)	Cs	Cs	Rb	Rb	Rb+Cs
Міжсупутниковий зв'язок	-	+	+	+	+
Автономна робота, днів	14,0	180,0	180,0	180,0	>60,0
Антирадіаційний захист	-	-	+	+	+
Антенa	-	-	покращ.	покращ.	покращ.
Навігаційний сигнал	L1 :C/A+ P, L2:P	(L1:C/A+P , L2:P	L1:C/A+P , L2:P	L1:C/A+P+ M, L2:C/A+P+ M	L1 :C/A+P+M, L2:C/A+P+M, L5:C

Визначення часу поширення сигналу від супутника до приймача з метою наступного визначення псевдовіддалі засноване на синхронізації апаратури супутника і приймача в єдиній системі часу. Принцип синхронізації наступний: бінарний код генерується усіма супутниками і приймачем одночасно. При цьому в кожного ШСЗ свій код, а в приймачі ці коди опрацьовуються в окремих каналах реєстрації сигналів. Після цього відбувається порівняння коду отриманого від супутника та коду, що генерується приймачем (такий самий, як і в супутника у відповідний момент часу).

Час поширення сигналу визначається як різниця між моментом часу, коли був переданий сигнал із відповідним кодом супутника (рис. 6.4) і моментом часу, коли такий код був сформований приймачем. Псевдовіддаль визначається як добуток часу на швидкість поширення сигналу.

Одне з найбільших значень GPS-системи має структура сигналу. Основу точності системи становлять атомні годинники або стандарти точного часу. Супутники типу Block II обладнані чотирма стандартами точного часу: двома рубідієвими та двома цезієвими. Довгострокова відносна стабільність частоти цих стандартів становить 10^{-14} і 10^{-15} .

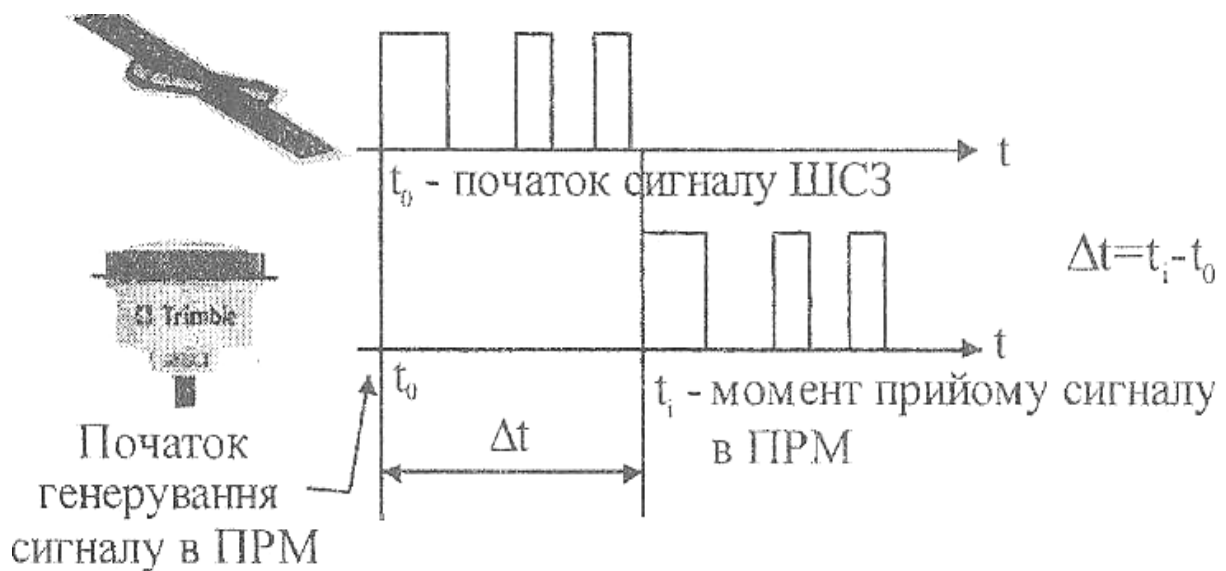


Рис. 6.4. Час розповсюдження сигналу

Високоточні стандарти частоти, які можна назвати серцем усієї електронної системи, застосовуються для генерації коливань на робочій частоті 10,230 МГц. Шляхом множення цієї частоти на 154 та 120 відповідно отримують дві частоти L_1 та L_2 . Двохчастотний характер сигналу важливий для усунення похибки під час визначення псевдовідстані, яка виникає через вплив іоносфери.

Кожен супутник системи GPS випромінює радіосигнали на робочих частотах $L_1=1575,4200$ МГц та $L_2=1227,6000$ МГц. Сигнал на частоті L_1 модульовано P, C/A-кодами, а на частоті L_2 - виключно P-кодом.

Із запуском супутників Block-IIIF вводиться нова частота L_5 (1176.45 МГц). Сигнал на частоті L_5 потужніший на три децибели, ніж цивільний сигнал, і має в 10 разів ширшу смугу пропускання. Сигнал використовується з 2014 р.

Код вільного доступу C/A (Coarse Acquisition) має частоту проходження імпульсів 1,02300 МГц і період повторення 0,001сек. Точність автономних вимірів відстаней від приймача до супутника за допомогою цього коду є невисокою.

Захищений код P (Protected) характеризується частотою проходження імпульсів 10,23 МГц і періодом повторення 7дб. Американське оборонне відомство вжило заходів додаткового захисту P-коду: у будь-який момент без

попередження може бути включений режим AS (Anti Spoofing). При цьому виконується додаткове кодування P-коду, та він перетворюється її Y-код, Розшифровка Y-коду можлива тільки апаратно, з використанням спеціальної мікросхеми, що встановлюється в GPS-приймачах військового призначення.

З метою зниження точності визначення координат несанкціонованими користувачами передбачений так званий "режим вибіркового доступу" SA (Selective Availability). При включенні цього режиму в навігаційне повідомлення навмисно вводиться помилкова інформація про похибки атомних годинників і елементи орбіти супутників, що призводить до суттєвого зниження точності навігаційних визначень.

Контрольний сегмент (сегмент керування) включає:

- ❖ Головний центр керування MCS (Master Control Station), що знаходиться в місті Colorado Springs;
- ❖ Основну станцію керування GCS (Ground Control Station), що розміщена на Гаванських островах;
- ❖ три стаціонарні станції контролю (Monitor Station). Вони знаходяться на островах: Вознесіння (Ascension) в північній частині Атлантичного океану, Дієго-Гарсія в Індійському океані та Кваджалейн в північній частині Тихого океану;
- ❖ рухомі контрольні станції.

Головна станція базується в об'єднаному космічному Центрі управління на авіабазі Фалькон, Колорадо-Спрінгз (США). Результати спостережень з усіх станцій спостережень надходять до цього центру, обчислюються уточнені орбіти навігаційних супутників та оцінюється стан кожного з них і системи в цілому.

Станції сегмента керування знаходяться на поверхні Землі на великих відстанях між собою. Станції спостереження розташовані в місті Колорадо-Спрінгз та на островах Вознесіння, Гаваї, Кваджалейн, Дієго-Гарсія. (рис. 6.5). Вони безперервно приймають коливання, випромінювані супутниками, що знаходяться в одній півкулі з станцією. Віддалі до супутників визначають кожні

1,5 секунди. Потім вони усереднюються для інтервалів часу рівних 15 хв. Крім цього на станціях ведеться метеорологічне зондування атмосфери по вертикалі з метою визначення поправки за тропосферу.



Рис. 6.5. Розташування контрольної станції та станцій спостереження GPS.

Результати опрацювання сигналів супутників та вертикального зондування із контрольних станцій пересилають до головного центра керування. Тут обчислюють ефемериди орбіт супутників та рівняння їх хронометрів (генераторів ШСЗ) на 12 годин наперед. Ці дані пересилають на ШСЗ, а вони, в свою чергу, пересилають їх користувачам, тобто на приймачі системи. Основна станція керування має можливість маневрувати рухом супутників, тобто коректувати їх орбіту. Військово-картографічному агентству США підпорядковано ще п'ять станцій стеження, дані яких використовують для обчислень високоточних ефемерид супутників.

Крім описаних станцій на всій планеті працюють приватні системи станцій стеження ШСЗ таких як, CIGNET. Записані на них дані

використовують також для уточнення параметрів орбіт супутників та отримання рівнянь генераторів супутників. Користувачами системи є власники приймачів з відповідним програмним забезпеченням та ЕОМ. Кількість приймачів системи є необмеженою, бо вони пасивні.

Сегмент користувачів являє собою всю множину GPS-приймачів. Приймачі мають різну будову, функції та призначення, тому їх розрізняють за різними ознаками.

Оскільки власником системи GPS є МО США, то в першу чергу приймачі поділяються на дві групи:

- ❖ PPS (Precise Positioning Service) — для точного визначення місцеположення. До цієї групи відносяться військові користувачі НАТО, приймачі яких здатні приймати Y-код, позбавлений AS та SA-кодування.

- ❖ SPS (Standard Positioning Service) — для стандартного визначення місцеположення. До другої групи відносяться усі цивільні користувачі, приймачі яких приймають сигнали, кодовані функціями AS та SA.



Рис. 6.6. Обладнання сегмента GPS-користувачів

На рисунку: 1) геодезичний приймач; 2) морський навігаційний приймач; 3) автомобільний GPS-навігатор; 4) картографічний GPS-приймач; 5) засіб персональної навігації; 6) прилад моніторингу.

Залежно від призначення приймачі поділяють на три групи:

➤ *Навігаційні.* Приймачі цієї групи миттєво визначають своє місцеположення. Середня квадратична похибка визначення координат навігаційними приймачами при відсутності перешкод та виключеному SA-кодуванні супутникових сигналів не перевищує 10 м, а при включеному SA-кодуванні може досягати 200-300 м.

➤ *Геодезичні.* Ці приймачі призначені для диференційних вимірювань (одночасно вимірювання проводяться мінімум двома приймачами) і визначення приростів координат між статично закріпленими приймачами. Точність визначення приростів координат може досягати 1 мм.

➤ *Спеціальні.* Вони можуть мати різне призначення, зокрема, визначення точного часу.

Залежно від принципу вимірювання віддалей до супутника приймачі поділяються на кодові та фазові. Деякі приймачі додатково вимірюють доплерівський зсув частоти сигналу.

Кодові приймачі визначають положення опрацьовуючи інформацію, що міститься в коді, який передається супутником. Ці приймачі є недорогими, але точність в них є низькою.

Фазові приймачі визначають положення шляхом опрацювання вимірювань фази несучої хвилі, яка спостерігається впродовж деякого часу. Такі приймачі значно точніші за кодові і можуть визначати положення із субсантиметровою точністю.

Приймачі також розділяють на чотири групи за принципом вимірювання віддалей до супутника і типу сигналу, який приймається до опрацювання. Це:

- Кодові приймачі;
- Фазові приймачі із C/A-кодом;
- Кодові приймачі із C/A та P-кодом;
- Фазові приймачі із C/A та P-кодом.

Найчастіше цей поділ спрощують і ділять приймачі на одностотні (приймають C/A-код), та двочастотні (приймають C/A та P-код).

GPS-приймач складається з шести головних блоків (рис. 6.7).

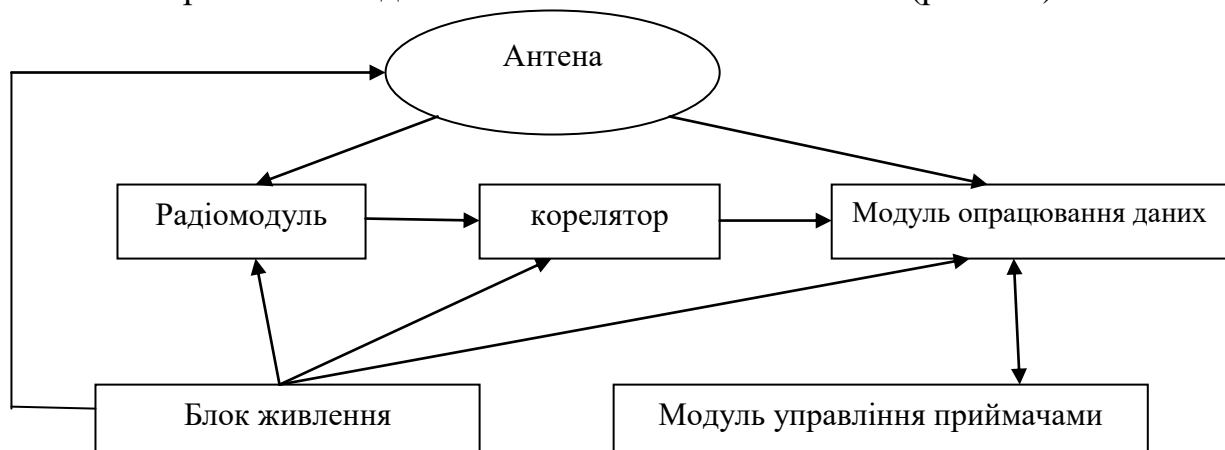


Рис. 6.7. Схематична будова GPS-приймача

Антенa приймає GPS-сигнали і передає їх у радіомодуль. У цьому модулі виконується підсилення сигналів та їх конвертація на низькі частоти.

Корелятор призначений для синхронізації затримки фази сигналу приймача із параметрами прийнятого радіомодулем GPS-сигналу. Сигнали всіх GPS-супутників опрацьовуються одночасно по окремих каналах. На вихід корелятора подаються дані, необхідні для пошуку і визначення супутникового сигналу, здійснення приблизних обчислень і визначення місцеположення приймача.

Модуль опрацювання даних виконує опрацювання прийнятих сигналів, оцінює параметри цього сигналу та розраховує місцеположення приймача.

Через модуль управління оператор задає відповідні режими роботи приймача, контролює процес вимірювань і їх накопичення у пам'яті приймача. Автономний блок живлення забезпечує роботу усіх блоків.

Варто зауважити, що існують приймачі, які здатні отримувати і опрацьовувати сигнали систем GPS та ГЛОНАСС одночасно. Завдяки цьому вони швидше визначають координати точок з необхідною точністю.

Для геодезичних вимірювань потрібно мати не менше, як два приймач із антенами, персональний комп'ютер та програмне забезпечення для відповідних геодезичних робіт. Приймачі, які можуть використовувати геодезисти, виготовляє декілька фірм. Серед них найбільш відомі фірми ASHTECH, TRIMBLE (США), LEICA (Швейцарія), SERCEL (Франція). Кожна фірма

пропонує декілька моделей приймачів, які призначені для виконання різних геодезичних вимірювань. Точність спостережень ними та можливості їх є теж різними і відповідно різною є ціна.

Приймачі системи ділять на дві групи: *одночастотні* та *двочастотні*. Перші з них приймають з супутників коливання тільки однієї частоти, а другі коливання обох частот. Другі є більш складними і дають більшу точність, бо враховують вплив іоносфери. Методика спостережень та опрацювання їх результатів постійно вдосконалюється, створюються нові варіанти приймачів, нові технології спостережень та нові програми для опрацювань.

6.3. Основні джерела помилок GPS-спостережень

Точність GPS-вимірювань обумовлена цілим рядом джерел похибок як випадкового, так і систематичного походження.



Рис. 6.8. Структура похибок, що виникають при GPS-спостереженнях
Ці джерела похибок можна поділити на три групи (рис. 6.8), пов'язані із:

- сузір'ям супутників;

- зовнішніми умовами;
- GPS-приймачем.

До похибок, обумовлених сузір'ям супутників, відносяться:

✚ *Випадкова похибка, обумовлена геометрією сузір'я супутників.*

✚ *Систематична похибка визначення часу атомним годинником GPS-супутника.*

✚ *Систематична похибка визначення ефемерид і координат супутника.*

Похибки, обумовлені зовнішніми умовами

- ❖ *Випадкова похибка, обумовлена впливом іоносфери.*
- ❖ *Випадкова похибка, обумовлена впливом тропосфери.*
- ❖ *Випадкова похибка, обумовлена багатошляховістю поширення сигналу.*
- ❖ *Систематичні похибки, обумовлені релятивістськими ефектами.*

Похибки, обумовлені GPS-приймачем

- ✓ *Інструментальна похибка приймача*
- ✓ *Зсув та варіації фазового центру антени GPS приймача*
- ✓ *Похибка, пов'язана з центруванням антени.*

До похибок, обумовлених сузір'ям супутників, відносяться:

1. *Випадкова похибка, обумовлена геометрією сузір'я супутників.*

На визначення координат місцеположення приймача суттєвий вплив має конфігурація сузір'я супутників, від яких одночасно приймаються сигнали, та їх кількість. Утворена одиничними векторами від антени до супутників просторова засічка має пірамідальну форму і точність визначення координат антени є найвищою при утворенні нею максимального об'єму. Цьому випадку не завжди відповідає максимальна кількість супутників, від яких приймаються сигнали. Максимальний «об'єм» засічки дає більш вагомий внесок у точність визначення координат, ніж кількість супутників. Для оцінки конфігурації сузір'я супутників введено спеціальні критерії, які визначаються коефіцієнтами погіршення точності Dilution of Precision (DOP). Вони є функціями кореляційної матриці вимірів, яка описує засічку антени приймача.

Серед критеріїв погіршення точності розрізняють наступні:

GDOP - Geometric DOP (просторово-часовий параметр);

PDOP - Position DOP (просторове (координатне) положення);

HDOP - Horizontal DOP (планове положення);

VDOP - Vertical DOP (висотне положення);

TDOP - Time DOP (одномірний часовий параметр).

Прийнято, що між відповідними критеріями має місце таке співвідношення:

$$GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2 + TDOP^2.$$

Найбільш поширеним є критерій GDOP, який може змінюватись у межах від одиниці до нескінченності. Для отримання якісних результатів, GPS-вимірювання рекомендують проводити при значенні GDOP у межах до 8-ми одиниць.

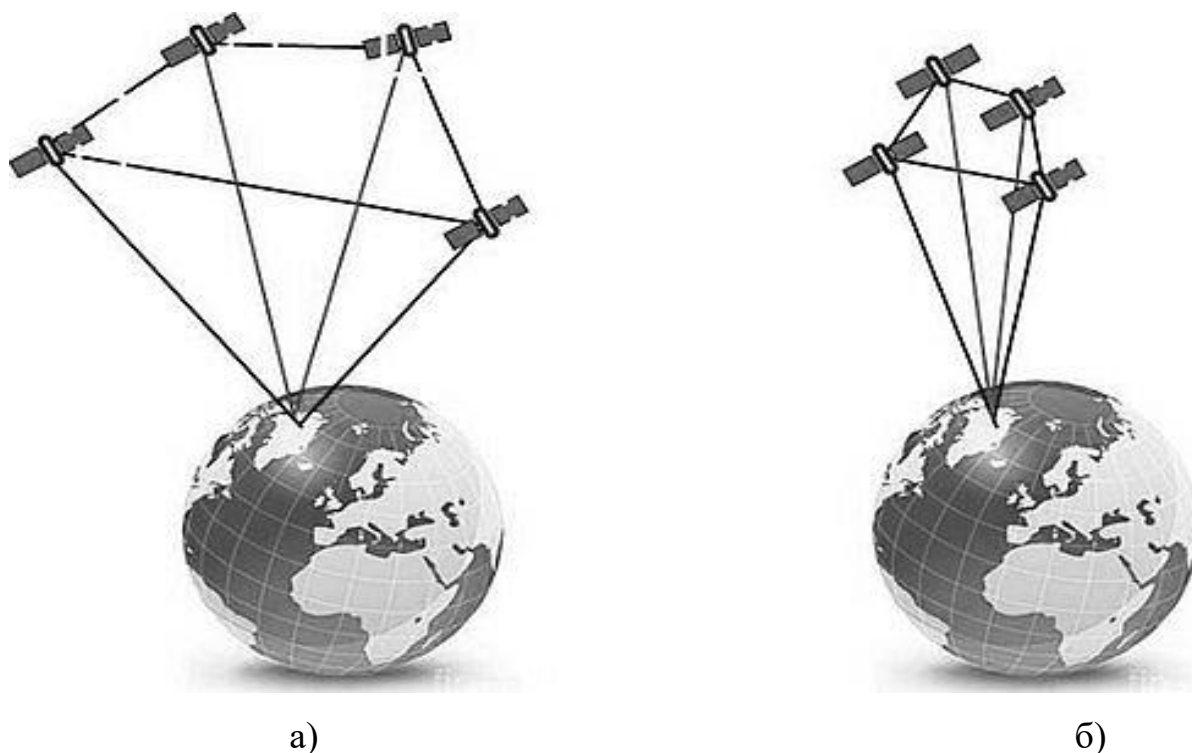


Рис 6.9. Варіанти геометричного розташування супутників: а) вдалих, PDOP = 1,5 б) невдалих PDOP = 7,5.

2. Систематична похибка визначення часу атомним годинником GPS-супутника.

Похибка атомного годинника супутника визначається станціями контрольного сегменту і передається на бортовий комп'ютер супутника.

Інформація про цю похибку передається із супутниковим сигналом у вигляді коефіцієнтів поліному: af_0 - поправка годинника (с); af_1 , - швидкість зміни af_0 (с/с); af_2 – прискорення зміни af_0 (с/с²).

3. Систематична похибка визначення ефемерид і координат супутника.

Контрольним сегментом визначається похибка ефемерид та координат супутника і передається на супутник. Точність переданих у реальному часі координат супутника в складі супутникового сигналу складає ± 2 м, а за остаточними ефемеридами IGS складає ± 5 см.

Похибки, обумовлені зовнішніми умовами.

1. Випадкова похибка, обумовлена впливом іоносфери.

Іоносфера – це іонізований атмосферний шар в діапазоні висот 50-1000 км, що містить іони та вільні електрони. Наявність цих електронів викликає зменшення кодової швидкості сигналу та випередження фазової швидкості. В результаті неспівпадіння швидкостей виникають групова затримка та фазове випередження. Тому виміряні кодові псевдовіддалі довші, а фазові коротші, ніж геометрична відстань між супутником та приймачем. Величина такої похибки може коливатись в межах 0,15-50 м. Затримка (для фази випередження) поширення сигналу супутника прямо пропорційна концентрації електронів і обернено пропорційна квадратові частоти радіосигналу. Концентрація електронів залежить від багатьох факторів (інтенсивність сонячної радіації, сезонні та добові варіації, кут та азимут супутника, місце проведення вимірювань тощо) і не є сталою. Тому для компенсації цієї похибки у визначенні віддалі між супутником і приймачем виконуються двочастотні вимірювання на частотах L_1 L_2 . На основі використання цих двох частот розроблено методики для практично повного врахування похибки за іоносферу.

2. Випадкова похибка, обумовлена впливом тропосфери.

Тропосфера – нижній від земної поверхні шар атмосфери (приблизно до 12 км). Тропосфера також обумовлює затримку поширення радіосигналу від супутника. Розглянемо причини такої затримки. Згідно законів оптики, радіохвиля на межі двох прозорих середовищ з різною густиною заломлюється

і змінює напрямок свого руху. А в тропосфері густина атмосферного повітря змінюється в залежності від висоти супутника над горизонтом та метеопараметрів (тиску, температури, вологості тощо). Тому зрозуміло, що величина затримки залежить від цих параметрів. Тропосферні затримки викликають похибки вимірювань псевдовіддалей. Тропосфера, на відміну від іоносфери, є недисперсним середовищем для радіохвиль аж до частоти 15 ГГц і тому швидкість поширення сигналу від частоти майже не залежить. Отже, немає можливості усунути тропосферну рефракцію шляхом застосування двочастотних методів. Компенсація тропосферних затримок забезпечується шляхом розрахунку математичної моделі цього шару атмосфери. Необхідні для цього коефіцієнти отримуються в навігаційному повідомленні супутника.

На сьогодні існує достатньо багато математичних моделей, які розроблені як для планети в цілому, так і для окремих регіонів. Перевагою загальноземних є їх глобальність (можливість використати на всій території земної кулі), а перевагою регіональних – більша точність в межах окремого регіону.

3. Випадкова похибка, обумовлена багатошляховістю поширення сигналу.

Багатошляховість поширення сигналу з'являється в результаті відбивання сигналу супутника від відбиваючих поверхонь (стіни будинків, огорожі, водні поверхні), розташованих безпосередньо біля приймача. Для кращого розуміння можна навести аналогію з відбиванням телесигналу на антену телевізора. В результаті ми спостерігаємо подвійне зображення. Так само і приймач може отримати сигнал від супутника як напряму, так і відбитий від перешкоди (рис. 6.10). Відбитий сигнал проходить більшу відстань. Похибки, викликані багатошляховістю поширення сигналу, поділяють на три групи:

- дифузне пряме розсіювання (проходження сигналу повз хаотично розташовані предмети), яке спричиняє похибки псевдовідстаней до 10 м;
- дзеркальне відбиття від близько розташованих від антени поверхонь, що дає похибки визначення псевдовідстаней до 6 м;
- флуктуації дуже низької частоти, як правило, пов'язані з відбиванням від поверхні води, що спричиняє похибки визначення псевдовідстаней до 10 м.

При GPS-зніманні рекомендується встановлювати антену приймача на відкритій місцевості. А для усунення GPS-сигналів, відбитих від водних і підстилаючих поверхонь, нижню частину антени оснащують спеціальними кільцями, які перешкоджають проходженню цих сигналів.

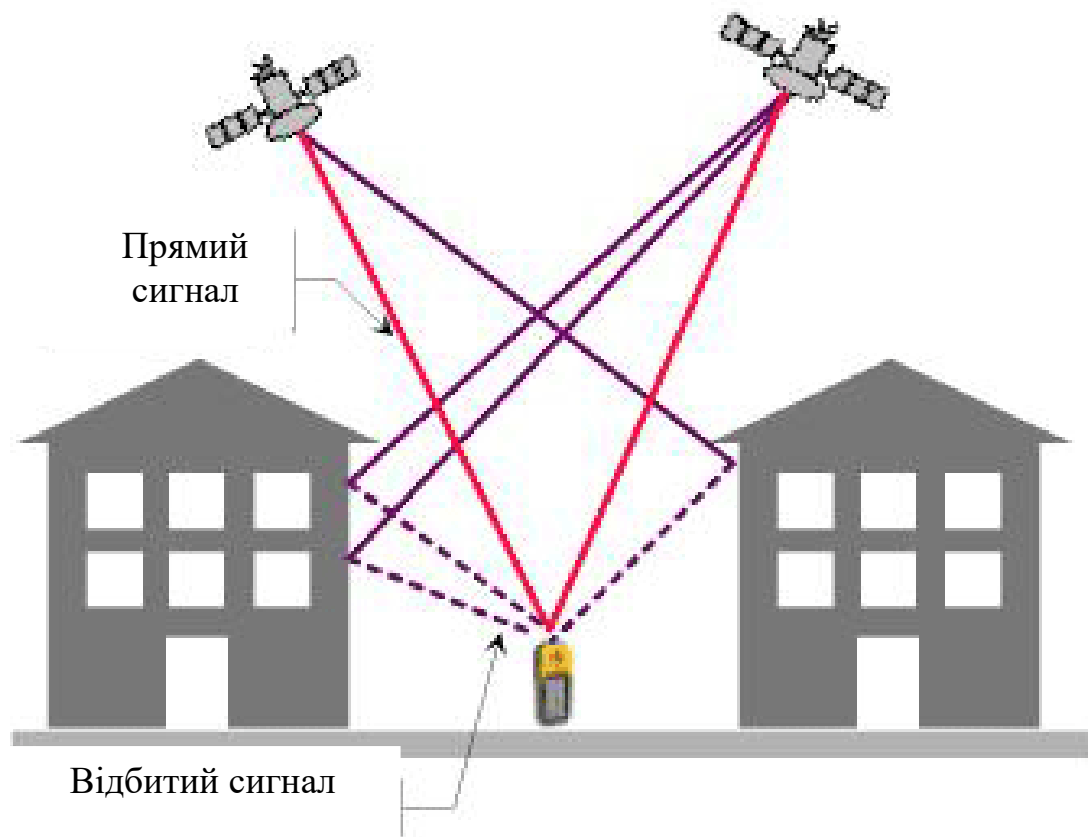


Рис. 6.10. Можливі напрямки поширення сигналу

При диференціальних вимірюваннях протягом тривалого часу величина похибки за багатошляховість поширення сигналів не перевищує 1 см.

4. Систематичні похибки, обумовлені релятивістськими ефектами.

Розглянемо ГНСС в цілому з точки зору теорії відносності. Супутник, обертаючись навколо Землі, знаходиться на значній відстані від станцій спостереження та приймачів і рухається відносно них з великою швидкістю. Внаслідок цього сигнал, що випромінюється із станції спостереження в момент часу t_1 , містить інформацію про час t_1 , але прибуває на супутник вже в момент часу t_2 . Таким чином, з'являється затримка часу Δt . Крім того, оскільки супутник під час обміну сигналами рухається, то і псевдовідстань за цей час також змінюється на величину Δl . Подібні похибки виникають і при передачі

сигналу від супутника до приймача. Гравітаційні поля Землі, Місяця, Сонця та інших космічних об'єктів, впливаючи на сигнал, також впливають на час і псевдовідстань. А якщо врахувати, що ті ж ефекти впливають також на сам супутник і частоту електромагнітної хвилі сигналу, що система супутник-Земля є обертовою, тобто неінерціальною та й Земля також здійснює обертовий рух, а всі ефекти мають взаємний вплив, стає зрозумілою складність врахування релятивістських ефектів. Вплив релятивістських ефектів має систематичний характер, тобто, за суттю вони є поправками. Створено достатньо багато математичних моделей, які враховують кожен релятивістський ефект окремо, або об'єднують дію кількох ефектів разом, проте всі вони не виключають вплив релятивістських ефектів повністю. Крім того, існують релятивістські ефекти, неточність врахування яких дещо більша порівняно з іншими.

До них відносяться ефекти:

- Доплера другого порядку - величина частотного зсуву сигналу, що проходить між двома рухомими об'єктами;
- гравітаційний зсув частоти;
- використання обертових систем відліку. Будь-який обертовий рух відбувається з кутовим прискоренням, а, отже, і обертова система координат – неінерціальна. Вибір умовної інерціальної системи для врахування релятивістських ефектів також впливає на величину похибки.

Максимальна похибка визначення псевдовіддалей, обумовлених релятивістськими та гравітаційними ефектами, на даний час (після врахування основних поправок за релятивістські ефекти) не перевищує 19 мм. При відносних вимірах ця похибка зменшується до порядку 10^{-9} .

Похибки, обумовлені GPS-приймачем

1. *Інструментальна похибка приймача* обумовлена наявністю шумів в електронному тракті приймача. Відношення сигнал/шум (SNR) приймача визначає точність процедури порівняння опорного і прийнятого від ШСЗ сигналів, тобто, похибку обчислення псевдовіддалі. Наявність даної помилки може приводити у абсолютному методі до виникнення координатної похибки у

межах до 1-2 м.

2. *Зсув та варіації фазового центру антени GPS приймача* приводять до похибок визначення псевдовіддалей у межах 1 см. Фазовий центр антени – це точка, від якої відраховується псевдовіддаль до центра антени супутника. Розрізняють зміщення фазового центру (ексцентриситет) та його варіації відносно осі обертання антени та відлікової точки.

Крім цього, існує два фазові центри, які відносяться до частот L_1 і L_2 . Вони, відповідно, мають різні ексцентриситети. Ексцентриситет фазового центру може бути викликаний неточним юстируванням комплектуючих антени або непаралельністю осі круглого рівня до осі обертання антени. Ексцентриситет фазового центру ϵ , як правило, сталою величиною. Причиною зміни його параметрів можуть бути порушення умов експлуатації приймача (сильне струшування) або ремонт антени. Варіації положення фазового центру залежать від геометрії сузір'я видимих супутників та їх висоти над горизонтом. Ексцентриситет фазового центру антени можна частково вилучати із результатів вимірювань, або його враховувати. В першу чергу це стосується горизонтальної складової. Інструкції з експлуатації GPS-приймачів рекомендують при вимірюваннях орієнтувати у північному напрямку відповідну мітку антен приймачів.

3. *Похибка, пов'язана з центруванням антени.* Вона виникає внаслідок неточного встановлення центра антени приймача (безпосередньо на точку за допомогою штанги, штативу або іншого пристрою) над точкою. Ця похибка цілком залежить від спостерігача та його роботи з обладнанням. Неакуратна робота, особливо зі штангою, може призвести до значної похибки, яку складно врахувати.

6.4 Загальний принцип визначення координат точки за допомогою GPS-вимірювань

Для визначення положення точки P вимірюють віддалі з цієї точки до чотирьох і більше космічних об'єктів – штучних супутників Землі, координати яких відомі (рис. 6.11).

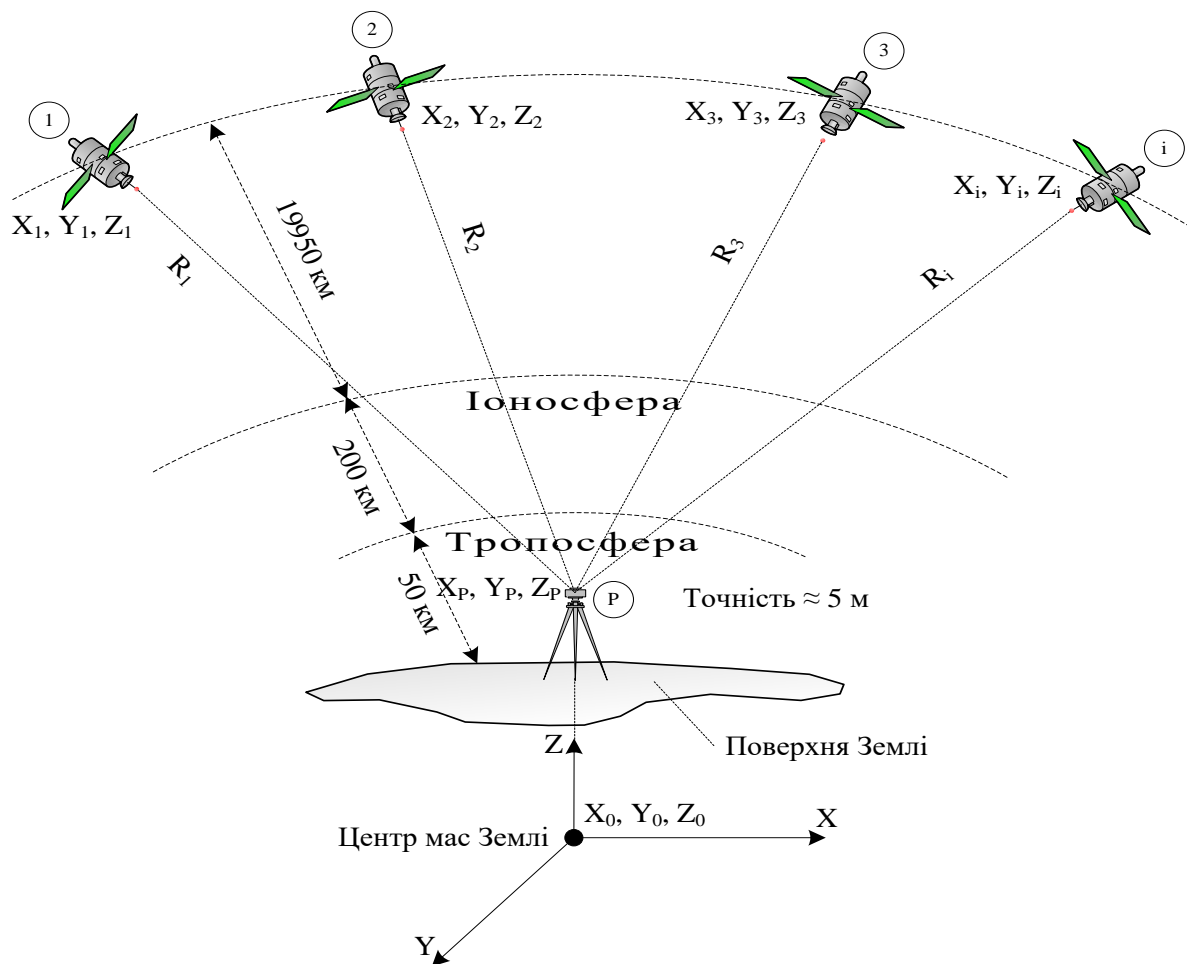


Рис.6.11. До пояснення принципу роботи системи GPS.

Для визначення системою GPS положення наземних пунктів, GPS-приймач встановлюють на пункті, координати якого визначають (на рисунку пункт P), приймає радіосигнали від ШСЗ, що мають відомі миттєві координати; приймач вимірює віддалі $R_1, R_2, R_3, \dots, R_i$ до супутників (не менше чотирьох).

На GPS – приймач передаються координати супутників. У відповідності з рисунком можна записати чотири таких рівняння:

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= \sqrt{(X_1 - X_p)^2 + (Y_1 - Y_p)^2 + (Z_1 - Z_p)^2} \\ R_2 &= \sqrt{(X_2 - X_p)^2 + (Y_2 - Y_p)^2 + (Z_2 - Z_p)^2} \\ R_3 &= \sqrt{(X_3 - X_p)^2 + (Y_3 - Y_p)^2 + (Z_3 - Z_p)^2} \\ R_i &= \sqrt{(X_i - X_p)^2 + (Y_i - Y_p)^2 + (Z_i - Z_p)^2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

У системі (1) три невідомі X_p, Y_p, Z_p . Насправді, невідомих є чотири: крім X_p, Y_p, Z_p ще невідома асинхронність δ_t (різниця похибок показників

хронометрів супутника та приймача). Саме тому потрібно спостерігати мінімум чотири супутники. Розв'язавши ці рівняння, знайдемо шукані координати точки P . Розв'язує ці рівняння електронно-обчислювальна система GPS-приймача і відображає на дисплеї координати X_P, Y_P, Z_P .

У результаті вимірювань отримують координати визначуваних точок у загальноземній просторовій прямокутній X, Y, H геоцентричній системі координат з початком у центрі мас Землі і переобчислюють їх у еліпсоїдні координати широту – B , довготу L та висоту над еліпсоїдом – H . Визначення геоцентричних координат виконують з точністю приблизно 5 м. Дана точність не відповідає вимогам геодезії.

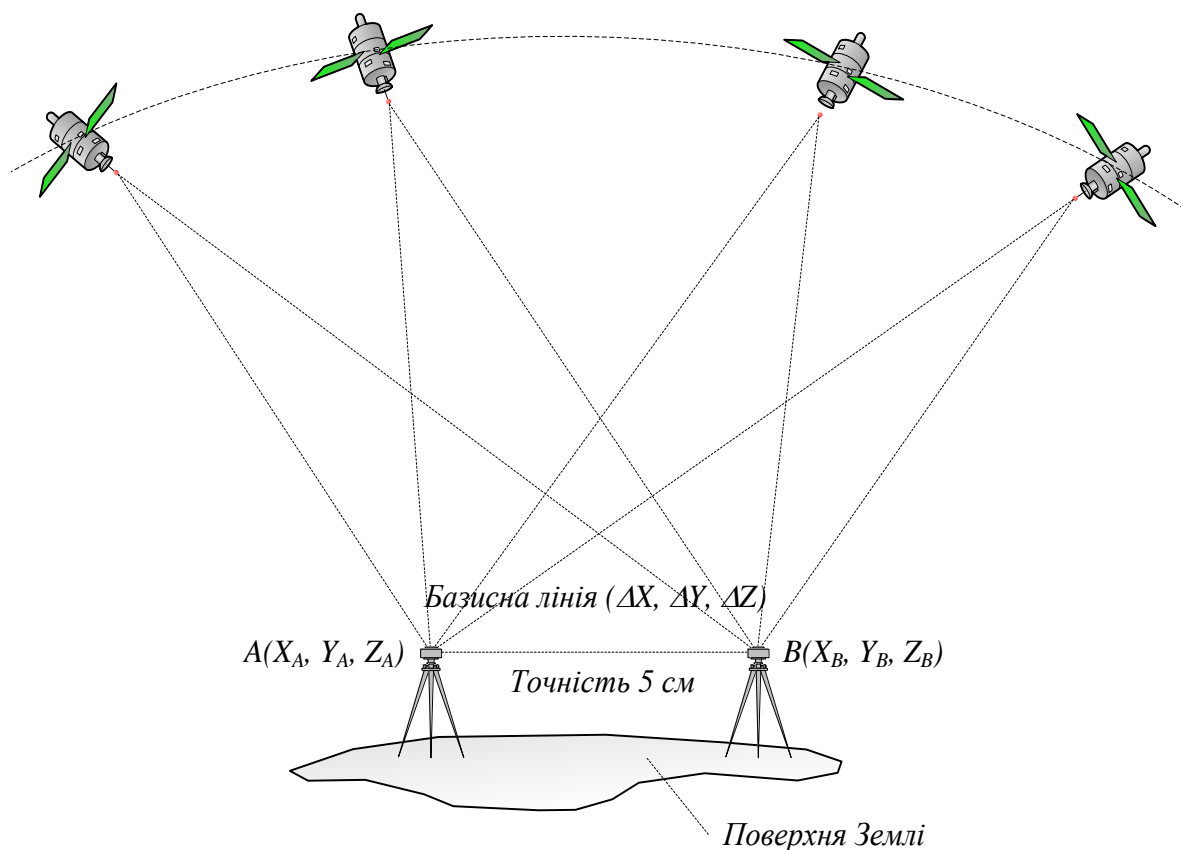


Рис. 6.12. До пояснення принципу визначення приростів координат системою GPS.

Якщо один GPS-приймач розташувати на пункті з відомими координатами, а другий – на невідомому (рис. 6.12), тоді можна отримати прирости координат $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$. Такі *відносні*, а не *абсолютні* визначення координат, приблизно в 100разів, точніші. Похибка визначення координат біля 5 см може бути

зменшена до $(10^{-6} - 10^{-9})d$ (d – віддаль між точками) зі збільшенням часу спостереження.

Як видно з рис. 6.12., GPS-технології дозволяють одномоментно визначати планове, та висотне положення наземних пунктів. В геодезії широко застосовується відносний метод визначення координат.

6.5. Класифікація методів та технологій визначення координат за допомогою GPS-вимірювань

За призначенням супутникові вимірювання діляться на: навігаційні (використовуються, як правило, на кораблях, літаках, автомобілях, інших видах транспорту та рухомих об'єктах). Вони не відрізняються великою точністю (субметрова точність), але безперервно визначають положення транспорту, швидкість та напрямок його руху; геодезичні – використовуються для визначення координат фіксованої точки або лінії (пункти опорних мереж, меж земельної ділянки, інженерних споруд тощо) на місцевості з необхідною точністю.

Надалі ми будемо розглядати тільки геодезичні вимірювання. Ці вимірювання за способом реалізації поділяються на абсолютний та відносні (диференціальні).

У абсолютному методі приймач визначає координати і час, отримуючи сигнали супутників, незалежно від інших приймачів. Оскільки при абсолютному методі точність вимірювань має субметрову точність, то в геодезичних вимірюваннях він практично не використовується.

В відносних (диференціальних) методах використовуються не менше двох приймачів, які вимірюють псевдовіддалі. При цьому один приймач, як правило, знаходиться на точці з відомими координатами. Його прийнято називати «базовим», а точку «базовою». Другий приймач знаходиться на точці, координати якої необхідно визначити. Такий приймач називають «роверним», а точку «роверною», або точкою знімання.

Відносні та диференціальні методи дуже часто ототожнюють, оскільки виконуються вони однаково. Проте між цими методами є ряд відмінностей. У відносних методах базова точка встановлюється на пункті з відомими координатами (пункт ДГМ, перманентна станція тощо), а у диференціальних методах базовий приймач встановлюється на точку з невідомими координатами. Таким чином відрізняється і опрацювання даних. В відносних методах на основі базової точки з відомими координатами визначаються поправки, що враховуються при підвищенні точності роверних. А у диференціальних як базова, так і роверні точки обчислюються одночасно, взаємно підвищуючи точність визначення координат. Диференціальні методи використовуються рідше в основному для створення пунктів ДГМ 1 -го класу, наукових спостережень та при відсутності поблизу пунктів з відомими координатами. При визначенні координат точок диференціальні методи потребують більше часу ніж відносні (Насправді ці терміни не відображають повністю розмежування методів і потребують удосконалення).

До абсолютного методу належить «Статика» (за умови використання одного приймача).

До відносних (диференціальних) знімань відносяться: «Статика», коли використовуються два і більше приймачі одночасно, «Швидка статика», «Стій-іди», «Кінематика», «Псевдокінематика» та «Псевдостатика» (рис. 6.13).

Відносні (диференціальні) методи за опрацюванням даних можуть бути реалізовані двома способами – з постопрацюванням та в режимі реального часу RT (стара назва RTK - Real Time Kinematic, оскільки спочатку він реалізовувався лише для кінематичного методу).

При постопрацюванні результати GPS-вимірювань опрацьовуються після завершення вимірювань, тоді дані з обох приймачів імпортуються у спеціальні програмні продукти. Диференціальні методи в реальному часі – це методи, коли координати визначаються безпосередньо під час спостережень. При цьому суттєво скорочуються затрати і час знімання, а також виникає можливість виконувати інженерно-геодезичні задачі, що недоступні в режимах з

постопрацюванням. Наприклад, виносити точки в натуру, визначати віддалі, перевищення, тощо. Порівняно з методами постопрацювання, RT вимагає додаткового обладнання. Роверний та базовий приймачі повинні бути обладнані радіомодемами або GSM-модемами. Також існує можливість результати спостережень базового приймача безперервно транслювати в мережу Internet.

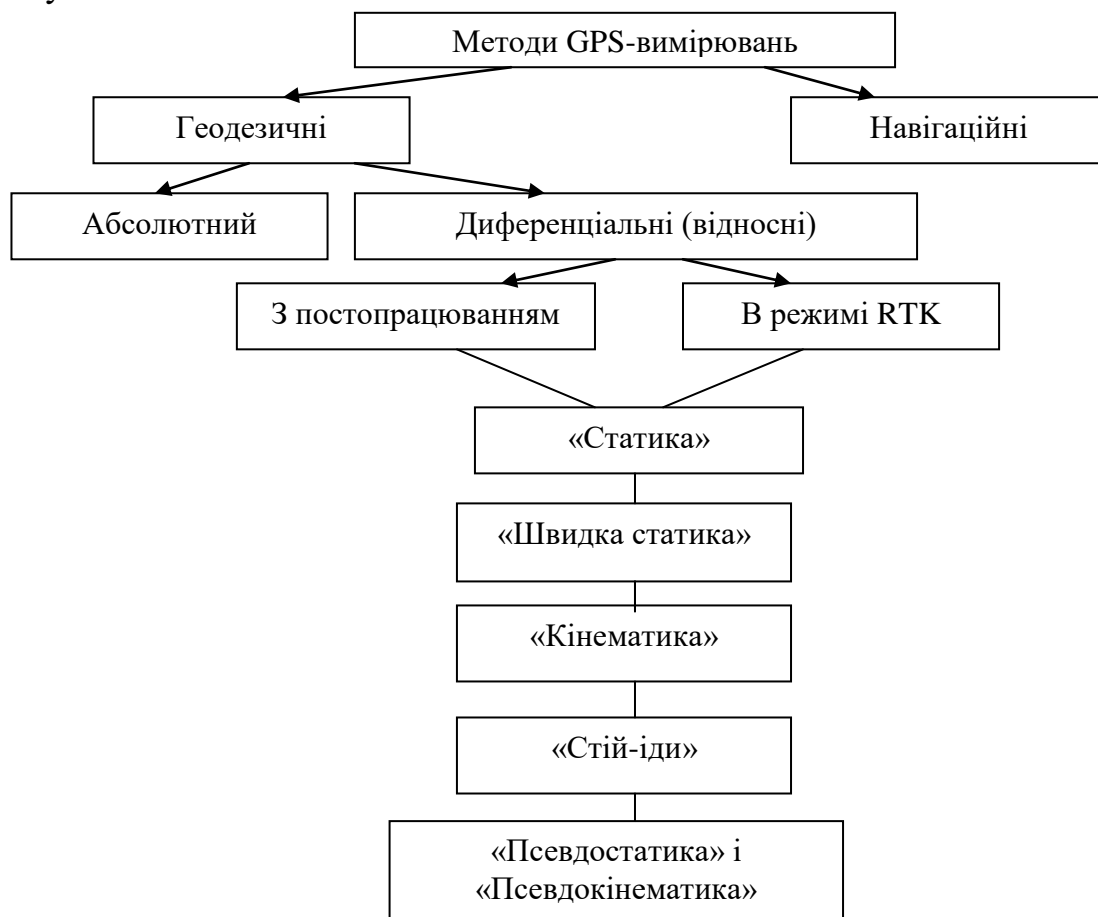


Рис. 6.13. Класифікація методів GPS-вимірювань

Технологія вимірювання RT схожа до методів з апостеріорного опрацювання. Розв'язання задачі з визначення координат з геодезичною точністю відбувається в контролері роверного приймача. При цьому диференційні поправки з базового приймача на роверний передаються наявними засобами зв'язку. На екрані контролера відображаються опрацьовані координати і таким чином в реальному часі геодезист отримує точні координати.

Для спрощення будемо ототожнювати диференціальні методи з відносними, оскільки за виконанням вони ідентичні. Тож розглянемо детальніше

диференціальні (відносні) методи GPS вимірювань.

Відносні методи. Пов'язані з визначенням положення користувача в системі координат, яка визначається вихідними пункту. При цьому в процесі визначення положення користувача координати вихідних пунктів є жорсткими, незмінними. У відносних методах координати ШСЗ не є вихідними, а використовуються якості апріорних початкових даних, які використовуються у врівноважувальних обчислень.

Елементарною геометричною побудовою при реалізації відносних методів є так звана «геодезична база», що включає в собі дві розділені станції спостережень сукупності синхронних спостережень з цих станцій одних і тих же ШСЗGPS.

З таких баз може бути побудована геодезична мережа, при цьому вона повинна обов'язково включати декілька (мінімум одну) станцій з відомими координатами. По сукупності результатів спостережень з двох кінців бази можуть бути визначені компоненти її вектора, тобто прирости координат однієї з станцій бази відносно іншої, і в кінцевому рахунку, відносно станцій з відомими координатами. Після цього побудова геодезичної мережі триває шляхом застосування процедури врівноваження, в якій за безпосередньо вимірянні величини приймаються означені компоненти вектора бази, разом з їх кореляційними матрицями, отриманими в процесі визначення цих компонентів. Відносні методи вимагають використання для виводу компонентів баз також і «відносних» вимірів.

На основі відносних методів розроблено ряд технологій спостережень:

- Статичний метод;
- Метод швидкої статики;
- Кінематичний метод;
- напів-кінематичний метод ("стій/йди"),
- кінематичний метод в реальному часі (RTK);

Статичний метод – найбільш поширений метод визначення координат пунктів з допомогою системи GPS. Цей метод є основним в геодезичних

роботах, пов'язаних з побудовою планових державних геодезичних мереж, а також спеціальних інженерно-геодезичних мереж.

Статичний метод вважається «класичним» методом супутникових вимірів. Метод припускає, що вимірювання виконуються одночасно між двома і більше нерухомими приймачами тривалий період часу. За час вимірювань змінюється геометричне розташування супутників, яке відіграє значну роль у вирішенні неоднозначності. Великий обсяг вимірювань дозволяє зафіксувати пропуски циклів і правильно їх змодельювати.

Суть цього методу полягає у використанні референцної станції - GPS-приймач знаходиться на пункті з відомими координатами, та мобільної або мобільних станцій - GPS-приймачі, що працюють на пунктах, координати яких необхідно визначити. Тривалість сесій спостережень може бути різною і залежить передусім від очікуваної точності визначення координат пунктів та від довжин векторів між пунктами, що визначаються і може коливатися від п'ятнадцяти хвилин дня до кількох днів.

Статичний метод застосовується при виконанні високоточних робіт, при вимірах векторів більше 15-20 км, а також при обмежених вікнах спостережень з мінімальною кількістю супутників. Тривалість сеансу залежить від довжини вимірюваних під час ліній, кількості одночасно ведеться спостереження супутників, типу приймачів і необхідної точності. Протягом 90% часу спостережень під час повинні прийматися сигнали не менше ніж від 4-х супутників. Орієнтовну тривалість спостережень статичним методом наведено у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

Орієнтовна тривалість спостережень статичним методом

Число супутників GDOP<8	Найближча довжина ліній базису (км)	Час наблизений	
		день	ніч
4 і <4	15-20 км	1 -2 год.	1 год.
4 і <4	< 30 км	2-3 год.	2 год.

На практиці точність даного методу становить $5\text{мм} \pm 1\text{мм}$ на 1км. Довжини

вектора, що визначаємо. Основні вимоги статичного методу:

- спостереження на пункті не менше 4-х супутників;
- інтервал запису - 20 секунд.

Робота на станції починається з установки антени. Штатив, на якому встановлюється антена, повинен бути надійно закріплений для забезпечення незмінності висоти антени під час вимірювань. Центрування та нівелювання антени виконується оптичним центриром з точністю ± 2 мм. За наявності орієнтирних стрілок (поміток) антена орієнтується на північ.

Всі супутникові вимірювання відносяться до фазового центру антени. Тому необхідно дуже ретельно вимірювати висоту антени. Помилка вимірювання висоти антени впливає на точність визначення всіх трьох координат пункту. Висота вимірюється рулеткою або спеціальним пристроєм двічі: до і після спостережень.

Якщо різниця висот антени на початку і наприкінці сеансу перевищує 2 мм, то цей сеанс з обробки виключається, а до 2 мм - усереднюється. Вимірювання виконуються у відповідності з Керівництвом користувача використовуваного приймача і записуються в журналі встановленого зразка. Включення приймача, процедура вимірювання та вимкнення приймача проводиться у відповідності з Керівництвом користувача.

Виміри починаються згідно із затвердженим «Розклад супутникових вимірів». Дозволяється включення приймача за 5 хвилин до встановленого початку вимірювань. Запізнення не допускається, так як це зменшить час спільної роботи приймачів під час і може погіршити результат. Для уточнення часу роботи приймачів під час рекомендується мати між виконавцями (бригадами) радіозв'язок. Рішення про дострокове припинення сеансу приймає керівник робіт.

Перед початком вимірювань перевіряються (встановлюються) робочі установки приймача, такі як кут відсічення (маска) спостережуваних супутників, інтервал запису, збереження вимірювань і обсяг вільної пам'яті. Інтервал запису повинен бути однаковим для всіх спільно працюють приймачів.

Після включення приймача необхідно переконатися, що приймач відслідковує необхідну кількість супутників і обчислює своє місце розташування.

До початку сеансу спостережень в приймач вводиться назва пункту, висота антени, код оператора та інша інформація, введення якої передбачено Керівництвом користувача. Паралельно ведуться записи в польовому журналі встановленого зразка. У процесі спостережень необхідно перевіряти роботу приймача кожні 15 хвилин. Перевіряються: електроживлення, збоїв в прийомі сигналів від супутників, кількість захоплених супутників, значення DOP. При погіршенні цих показників рекомендується збільшити час спостережень. Результати перевірок записуються в польовому журналі. У примітці також записуються всі порушення в нормальній станції роботи.

При необхідності під час сеансу вимірюються метеопараметрів: температура повітря, тиск, вологість. Результати записуються в польовому журналі. Необхідною умовою безперебійної роботи приймача на станції є безперервність подачі електроживлення. У комплекті приймача на станції повинні бути заряджені додаткові акумулятори (батареї). У разі збою в електроживленні необхідно якомога швидше підключити запасну батарею. При цьому, якщо приймач не діяв більше 10% від часу вимірювань відповідно збільшується тривалість сеансу.

Супутникові приймачі працюють в установленому виробником температурному діапазоні, атмосферні опади, туман і т. п. не впливають на роботу приймача Розряди атмосферної електрики можуть викликати збої у вимірах. При холодній погоді знижується час роботи акумуляторів.

При статичному методі приймачі ведуть спостереження ШСЗ зі станцій при застосуванні достатньо тривалих інтервалів часу (до декількох годин).

Під час виконання вимірів статичним методом важливим є підбір відповідно обладнаних приймачів. При відстанях між пунктами більш ніж 100 км необхідно використовувати двохчастотні приймачі. Одночастотні приймачі використовують зазвичай, коли віддаль між референчною та мобільною

станцією не перевищує 20 км.

Швидкостатичний метод (ШСМ) супутникових вимірів поєднує в собі високу точність статичного методу з перевагою короткого часу спостережень. Це досягається за рахунок оптимального використання всіх доступних якісних вимірів при двох частотах. ШСМ реалізується двочастотні приймачами за наявності програми обробки вимірів. З-за короткого періоду вимірювань СМ чутливий до нестачі вимірювань. Так само робить вплив розташування і кількість захоплених супутників, інтервал запису.

ШСМ застосовується при вимірах векторів до 10-15 км, в мережах з великою кількістю пунктів (точок). Тривалість сеансу залежить від довжини вимірюваних під час ліній.

Основні вимоги ШСМ:

- спостереження на пункті неменше 5-і супутників;
- при переміщенні з пункту на пункт підтримувати захоплення не потрібно;
- інтервал запису - 5-10 сек.

Для всіх GPS-вимірів, і особливо для "швидкої статички", потрібно домагатися мінімізувати довжини базисних ліній. При роботі методом "швидкої статички" потрібно бути особливо обережним через коротку тривалості спостережень. При надто короткому часі спостережень, поганому геометричному векторі (GDOP) або інтенсивних іоносферних збуреннях можлива така ситуація, коли програмне забезпечення при пост обробці розв'яже неоднозначність, але результати будуть спотворені, і суттєво відрізнятимуться від інших.

Величина GDOP (Геометричний фактор пониження точності) допомагає змінити геометрію супутникового "сузір'я". Невелике значення $GDOP < 8$ свідчить про хорошу геометрію. Значення параметру $GDOP > 8$ свідчить про невдалу конфігурацію сузір'я супутників, що відповідно значно погіршує точність отриманих в результаті спостережень координат. Згідно [28] спостереження дозволяється проводити при значенні параметру $GDOP \leq 8$ на

практиці як правило призначенні $GDOP \leq 6$ спостереження не проводять.

Іоносферні збурення змінюються в часі і залежать від положення пункту на земній поверхні. Так, як в нічний час іоносферні збурення значно нижчі, час спостережень в режимі "статика" та "швидкої статика" вночі може бути зменшено наполовину, або довжина базисної лінії збільшена в два рази.

Кінематичний метод передбачає виконання одночасних спостережень між референційним та мобільним приймачами. Під час вимірювання цим методом використовуються мінімум два приймачі — базовий та роверний. Базовий приймач проводить вимірювання безперервно на одній точці, а рухомий приймач знаходиться на транспортному засобі, платформі, або ручній штанзі. При цьому визначаються вектори руху приймача, а не координати точки.

Метод застосовується при визначенні траєкторій рухомих об'єктів; зніманні ліній доріг; меж, гідрографічному зніманні, тощо. Перевага методу полягає у швидкості та економічності безперервних вимірювань. Проте приймачі повинні безперервно отримувати сигнали супутників, а точність вимірювань є на порядок меншою від статичних методів.

На 2 етапи поділяють роботу роверного приймача:

I Етап ініціалізації, який необхідний для того, щоб розв'язати початкові невизначеності;

II Мобільний етап, під час якого і виконуються спостереження.

Ініціалізація та наступна за нею мобільна частина називаються ланками режиму «Кінематика». Ініціалізація може виконуватись в режимі «Швидка статика», або встановленням приймача на точці з відомими координатами.

Під час вимірювань повинно спостерігатися не менше, ніж 4 супутники. При втраті захоплення необхідно повторити процедуру ініціалізації.

Кінематичний метод має два різновиди: напів-кінематичний метод ("стій/йди") та кінематичний метод в режимі реального часу.

Напів-кінематичний метод або метод «стій/йди» (українською) «Stop & Go» (англійською) створюється на основі використання статичного методу визначення координат точок. Застосовується коли довжини векторів між

референційною та мобільною станція міне перевищують 5 км. Метод Stop & Go застосовується в мережах з великою кількістю пунктів (точок) на відкритій місцевості. Тривалість часу вимірів на пункті - до 1-2 хв. Робота в режимі «стій/йди» складається з двох частин:

Ініціалізаційної частини, яка необхідна для того щоб вирішити початкові неоднозначності при пост-польовій обробці, проведеної за допомогою програмного забезпечення.

Мобільної частини, в рамках якої неоднозначності вносяться в програмне забезпечення.

Ініціалізація може бути виконана шляхом використання:

- Режиму “Швидка статика”;
- Встановленням станції на точці з відомими координатами.
- На мобільній ділянці ланцюга повинно спостерігатися не менше чотирьох супутників.
- Значення GDOP не повинно перевищувати 8.
- Точність визначення координат точок в режимі "Стой-Йди" складає 1-2 см + 1 ppm.

Метод “Стой-Йди” застосовується для:

- ✓ детального знімання;
- ✓ інженерного знімання;
- ✓ знімання доріг, шляхопроводів, границь, та особливостей лінійного типу;
- ✓ знімання точок, які знаходяться близько одна від одної.

Переваги методу "Стой-Йди":

- швидкий та економічний;
- найшвидший метод для детального знімання за допомогою GPS;
- виконується або пішки, або будь яким транспортом;
- для спостереження потрібно лише 4 супутники.

Недоліки методу "Стой-Йди":

- для знімання горизонт повинен бути завжди відкритим;
- сигнал супутника не повинен втрачатись при переході між станціями.

У Stop & Go для зв'язку вимірювань під час руху мобільного приймача до початку вимірів повинна бути вирішена неоднозначність, тобто виконана ініціалізація приймача. Існує декілька способів ініціалізації: статична сесія, обмін антен, відома базисна лінія, On-The-Fly (On-The-Way) - ініціалізація в польоті (у дорозі).

1) При статичної (швидкостатичний) сесії виконуються одночасні вимірювання на двох пунктах протягом тривалого часу (не менше 1-ї години для статичного методу). Координати одного з пунктів повинні бути відомі. В якості другого пункту може використовуватися будь-яка тимчасова точка (Мобільний1), обрана для ініціалізації, або перше визначається точка 1. Відстань між точками може бути від 2 м до 1 км.

2) При обміні антенна відстані 5-10 м від вихідного пункту вибирається тимчасова точка (Мобільний1). На пунктах Референційний1 і Мобільний1 виконують вимірювання протягом 5-10 хв з не менш ніж 4-х супутників. Потім змінюють антени місцями, підтримуючи постійний захоплення не менше чотирьох супутників. При новій установці продовжують вимірювання протягом 5-10 хвилин, після чого антени повертаються в початкове, вихідне положення. Необхідною умовою є однакова висота антени при першому і повторної установки.

3) При використанні відомої базисної лінії (з точністю ± 5 см), виконують 2-х-хвилинний сеанс спостережень на пунктах цієї лінії, після чого приступають до безпосередніх до вимірювань.

4) On-The-Fly підтримується тільки двочастотні приймачами при можливості програмного забезпечення вирішувати неоднозначність при такій ініціалізації. Для вирішення неоднозначності достатньо накопичити безперервні (без пропуску циклів) вимірювання при постійному захопленні не менш ніж 5-ти супутників протягом деякого періоду часу, причому мобільний приймач може негайно починати вимірювання на визначених пунктах. При

втрата захоплення триває процедура вимірів і протягом наступного інтервалу часу з 5-ю супутниками вирішується неоднозначність. Кількість супутників впливає на час вирішення неоднозначності: чим більше супутників, тим менше час ініціалізації. Для отримання повної інформації необхідно звернутися до Посібника користувача конкретним типом із супутника.

Залежно від кількості приймачів і взаємного розташування пунктів можливі різні варіанти використання Stop & Go. Типовими схемами є радіальний та траверсний. У радіальному методі для контролю рекомендується виконувати повторні визначення пунктів, в траверсному – виконати замикання між початковим і кінцевим пунктом.

При використанні двох приймачів одна знаходиться на референційній пункті, а друга (мобільний) переміщається по визначених пунктах. При повторному відвідуванні можна зберегти референційну станцію або перемістити її на другий пункт (див. рис. 6.16). Для отримання незалежних результатів вимірювань необхідно, щоб різниця в часі між повторними сеансами становила приблизно однієї години, протягом якого зміниться геометричне розташування супутників.

При використанні трьох приймачів одна знаходиться на референційній пункті, а два мобільних приймача (одночасно) переміщаються по визначених точках - назустріч або слідом один одному. Можливий інший варіант, коли дві приймача знаходяться на референційних пунктах, а третій переміщається по визначених точках.

При використанні 4-ох приймачів рекомендується використовувати дві референційні станції та дві мобільні. Це дозволить виміряти за чотири вектора на кожен обумовлений пункт і виконати два незалежних визначення координат.

Порядок роботи на референційній станції та вимоги аналогічні статичного методу. Установка на референційних і мобільному приймачах виконуються у відповідності з Керівництвом користувача. Порядок роботи на мобільній станції встановлюється Керівництвом користувача.

При переміщенні з пункту на пункт необхідно підтримувати постійний

захоплення супутників. При втраті захоплення супутників необхідно повернутися на попередню певну точку і повторити вимірювання, або заново виконати процедуру ініціалізації.

Після закінчення вимірів рекомендується виконати замикання на перший пункт. Це дозволить у разі необхідності виконати обробку вимірювань з кінця спостережень [23].

Кінематичний метод в реальному часі (RTK) є аналогічним до методу “Стій-Йди” та відрізняється за технологією обробки. Використання даного методу полягає у передачі поправок в виміряні вектори від референтного приймача до мобільного через пристрій передачі даних - радіо модем. При сумісній обробці вимірів референтного та мобільного приймачів, які визначають координати пункту на якому встановлений мобільний приймач. На відміну від статичного методу чи методу “Стій-Йди” результати спостережень отримуються в реальному часі, тобто в польових умовах, з точністю 1 - 2 см.

Крім цього широкого застосування цей метод набув в США та країнах центральної Європи, завдяки розвитку мережі перманентних станцій. Власне на базі створеної ще у 90-х рр. 20-го століття німецької мережі референцних станцій SAPOS (<http://www.sapos.de/>) були вперше розроблені принципи передачі RTK-поправок (диференційних корекцій) радіоканалами зв'язку через ретрансляційні станції, формати передачі диференційних корекцій, що базувалися на принципі площинної лінійної інтерполяції (так званий формат FKP), новий протокол передачі поточкових GNSS даних NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), що представляє GNSS дані для різноманітних використань в Інтернеті на основі відомого протоколу HTTP (Hypertext Transfer Protocol). NTRIP може використовуватися для розповсюдження даних в будь-якому форматі, наприклад, в форматах стандарту RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) версій 2.1/2.2/2.3 та 3.0/3.1 чи власних форматах фірм-виробників GNSS-обладнання, наприклад, Leica, CMR та CMR+. Ці досягнення вважаються стандартами у плані функціонування DGNS та RTK технологій.

Оскільки в якості референтної станції, яка передає поправки використовується перманентні станції, передача даних відбувається через мережу мобільного зв'язку та Internet.

Точність тривалість спостережень для описаних вище методів, відповідно довжини вектора референцна станція-мобільна станція, приведена нами у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Співвідношення точності, тривалості спостережень та довжин векторів

Метод	Віддаль між пунктами	Час сесії	С.к.п. визначення координат
Статичний	до 20 км	близько 1 год	5мм+1ppm
Метод швидкої статики	до 10 км	5-10 хв.	5мм+1ppm
Метод напів-кінематичний ("стій/йди")	до 5 км	до 2 хв.	10-20 мм.+1ppm
В реальному часі (RTK) кінематичний метод	5-10 км	до 1 хв.	10-20 мм.

Як бачимо з таблиці кожен із методів має свої переваги та недоліки так наприклад кінематичний метод RTK характеризується низькою тривалістю спостережень та достатньою точністю визначення координат, однак цей метод значною мірою залежить від наявності засобів передачі даних. Використовуючи метод "стій/йди" можна досягти необхідної точності не затрачаючи значного часу на спостереження однак цей метод обмежується віддалю між референчною та мобільною станціями до 5 км. Статичний метод є найбільш точним але він вимагає затрат часу.

6.6. Поняття про мережі перманентних станцій та використання їх даних при супутникових спостереженнях

Станція з комплектом відповідного обладнання, для цілодобового спостереження за супутниками називається перманентною супутниковою станцією. Для збільшення точності раніше проведених спостережень дозволяє використання даних ПС. Опорною (базовою) точкою при відносних методах визначення координат використовуватись може перманентна станція, яка знаходиться достатньо близько до місця GPS-спостережень.

Для роботи перманентної GPS-станції необхідне таке обладнання:

- ❖ GPS –приймач;
- ❖ GPS-антена;
- ❖ блок безперервного живлення;
- ❖ ПК, в режимі on-line з доступом до Інтернету;
- ❖ Прилади для визначення метеорологічних даних.

Станція повинна задовольняти вимогам інструкції до геодезичних пунктів першого класу за стійкістю, стабільністю, довготерміновою підтримки, доступності тощо. Мінімальними мають бути перешкоди видимості супутників з кутами більше 15°. Антена не повинна розташовуватися поруч з джерелами радіовипромінювання. Антена має бути захищена від пошкоджень та проявів вандалізму. Бажано мати громовідвід.

Перманентні станції, що обслуговуються окремою організацією або дані з яких надходять в єдиний центр обробки даних супутникових спостережень, утворюють мережу перманентних станцій.

В Україні також існує ряд проєктів, що розвиваються різними організаціями і мають на меті забезпечення користувачів даними супутникових спостережень як в режимі реального часу, так і в режимі постопрацювання.

Першим науково-технічним проєктом в Україні, спрямованим на побудову локальної мережі активних референцних станцій, стала розробка науковців Головної астрономічної обсерваторії з реалізації регіональної системи геодинамічного та екологічного моніторингу Криму ще у 2002 році. Нажаль, він мав лише теоретичне значення. Потім був ще цілий ряд інноваційних проєктів у цьому руслі від АН України та інших наукових центрів. Їхня доля аналогічна – до практичних реалізацій справа не дійшла.

У цьому напрямі перші практичні результати були отримані науковцями «АТ НДІ радіотехнічних вимірювань» у рамках проєктування системи координатно-часового і навігаційного забезпечення України. Ними, на основі розроблених контрольно-коректувальних станцій, були проведені експериментальні роботи з формування та передачі користувачам

широкозонної диференційної коректувальної інформації у режимі реального часу. Основною метою цих робіт було забезпечення, при створенні мережі зазначених станцій на всій території України, точності координатних визначень у межах 1-3 м. У подальших планах було досягнення і геодезичної точності як для після сеансного опрацювання (post-processing) даних супутникових спостережень, так і для режиму реального часу RT. На теперішній час розгорнуто вже 17 контрольно- коректувальних станцій із 57 запланованих «Концепцією створення та експлуатації системи координатно-часового і навігаційного забезпечення України з застосуванням глобальних навігаційних супутникових систем на період 2006-2011 рр.

Ще одним проєктом у галузі побудови локальної мережі активних референціальних станцій є Регіональна система високоточних супутникових геодезичних вимірювань від компанії "Навігаційно-геодезичний центр" (м. Харків). Ця система має виражену практичну направленість і є поки що лише сукупністю постійно діючих базових GPS-станцій, розташованих на території Харківської та Київської областей, але не мережею у її теперішньому розумінні.

Аналогічні сукупності станцій чи окремі станції створені чи плануються створити і на території інших областей.

На Закарпатті у м. Мукачево у 2008 році ініціативною групою була створена за приватні кошти мережа ZAKPOS (Transcarpathian Position Determination System). Метою створення системи це забезпечення GNSS даними спостережень та поправками до них в реальному часі (RTK) для високоточного визначення місцеположення.

Мережа ZAKPOS (рис 6.14) повністю побудована за принципами та вимогами EUPOS (www.eupos.org). Використовується прилади та програмне забезпечення американської фірми Trimble.

Впродовж 2009-2011 років мережу ZAKPOS було розвинуто на території сусідніх областей: Івано-Франківської, Хмельницької, Львівської, Волинської, Чернівецької, Рівненської, Тернопільської. Фактично мережа ZAKPOS – регіональна GNSS система наземного базування для Західної України.



Рис.6.14. Схема розташування мережі UA-EUPOS/ZAKPOS станом на травень 2017 року [37].

Таблиця 6.5

Можливості роботи станцій мережі ZAKPOS

Послуга ZAKPOS	Метод	Передача даних	Точність	Обладнання
NAW	DGPS	GPRS Internet	0,5-1,0м	LI,DGPS,GSM-модем
RTK	RTK	GPRS Internet	0,03- 0,05М	L1+L2,RTK, GSM-модем
GEO	Статика	Internet/CD	ММ-СМ СМ-ДМ	L1+L2,LI

З сусідніми державами Польщею, Словаччиною та Угорщиною у 2010 році були підписані Угоди про обмін даними. Від тоді офіційна назва мережі - мережа UA-EUPOS/ZAKPOS. Ряд станцій мережі UA-EUPOS/ZAKPOS було зареєстровано у базі EUPOS (<http://www.eupos.hu/EUPOS-ESDB.php>)

Обчислювальний центр мережі UA-EUPOS/ZAKPOS базується на мережевому програмному забезпеченні фірми Trimble, та надає користувачам наступні послуги:

- дані у форматі RINEX від базових станцій мережі (CORS),
- дані у форматі RINEX від віртуальних станцій мережі (VRS)

створюються за запитом користувача),

- інформація про актуальний стан мережі (іоносфера, геометрія тощо),

- поправки всіх типів та форматів для режимів RTK та DGPS, як від CORS так і від мережі в цілому.

6.7. Одночастотний GPS – приймач фірми LEICA «SR 20».

6.7.1. Будова та технічні характеристики GPS – приймача фірми LEICA «SR 20»

Для виконання топографо-геодезичних робіт у землевпорядкуванні та кадастрі необхідним є використання сучасних приладів (електронні тахеометри та GPS - станції).

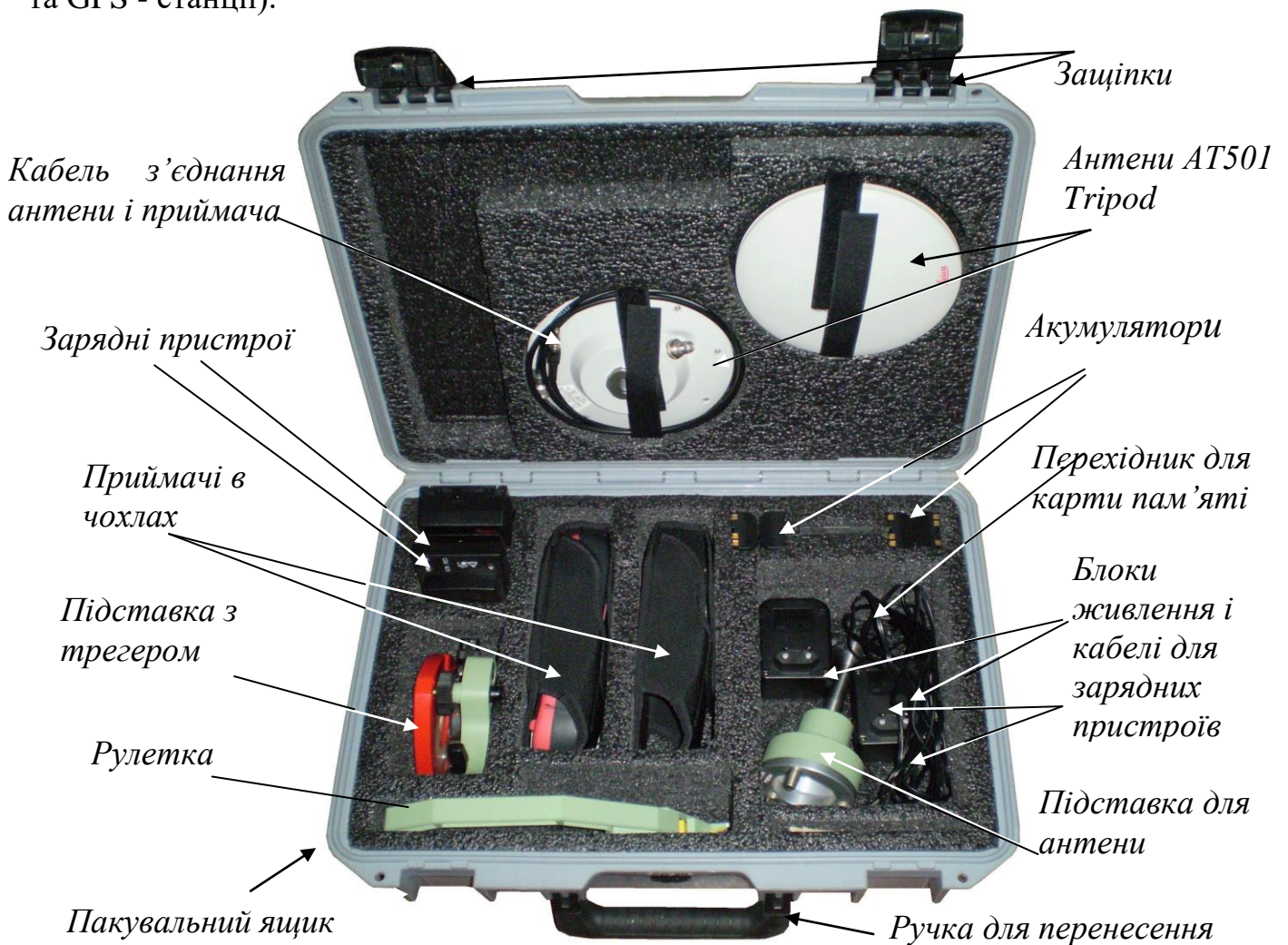


Рис. 6.15. Комплект одночастотного GPS приймача фірми Leica SR20 у пакувальному ящику.

В стандартний комплект GPS - приладу фірми Leica (рис. 6.15.) входить: пакувальна скринька, два одночастотні GPS - приймачі серії «SR-20» з чохлами, дві антени серії «AT501 Tripod», два кабелі для з'єднання антени з приймачем, перехідник до комп'ютера для зчитування інформації з карти пам'яті приймачів, підставка з трегером, підставка для антени, рулетка для визначення висоти приладу, кабель передачі даних з приймача на комп'ютер, два комплекти зарядних пристроїв з кабелями і блоками живлення, чотири акумулятори.



Зарядний пристрій



Рулетка для виміру висоти приладу



Акумулятор



Антенний кабель

Рис. 6.16. Загальний вигляд деяких комплектуючих одночастотного GPS-приймача фірми Leica SR20

В залежності від мети використання прилад можна встановлювати на штативі або на біподі. Встановлення приладу на віху з прикріпленим біподом для роботи в режимі кінематичного знімання (рис. 6.18).

Технічні характеристики.

Передавач супутника безперервно випромінює коливання L1 і L2 з різними частотами які є несучими, тому що на них передавач передає коди на наземні станції, і в той же час вони є вимірювальними коливаннями (їх використовують для точних фазових та доплерівських вимірювань). Коди, які випромінюють

передавачі є послідовністю сигналів (нуль і одиниця). Всіх кодів є чотири D, C/A, P, Y.



Рис. 6.17. Лицевий вигляд одночастотного приймача фірми Leica SR20.

Параметри відсліджування GPS –сигналів:

- прийняття супутникових сигналів... на частоті (L1);
- канали приймача12 каналів з постійним відсліджуванням (L1);
- канал (L1)..... фаза несучої частоти, C/A коду;

- відсліджування несучої (L1).....відновлена фаза несучої по C/A коду;
- вимірювання коду..... вимірювання C/A коду згладженого за допомогою несучої фази;
- відсліджування супутників.....одночасно до 12 на частоті (L1).

Час до першого вимірювання фази зазвичай 30 секунд.

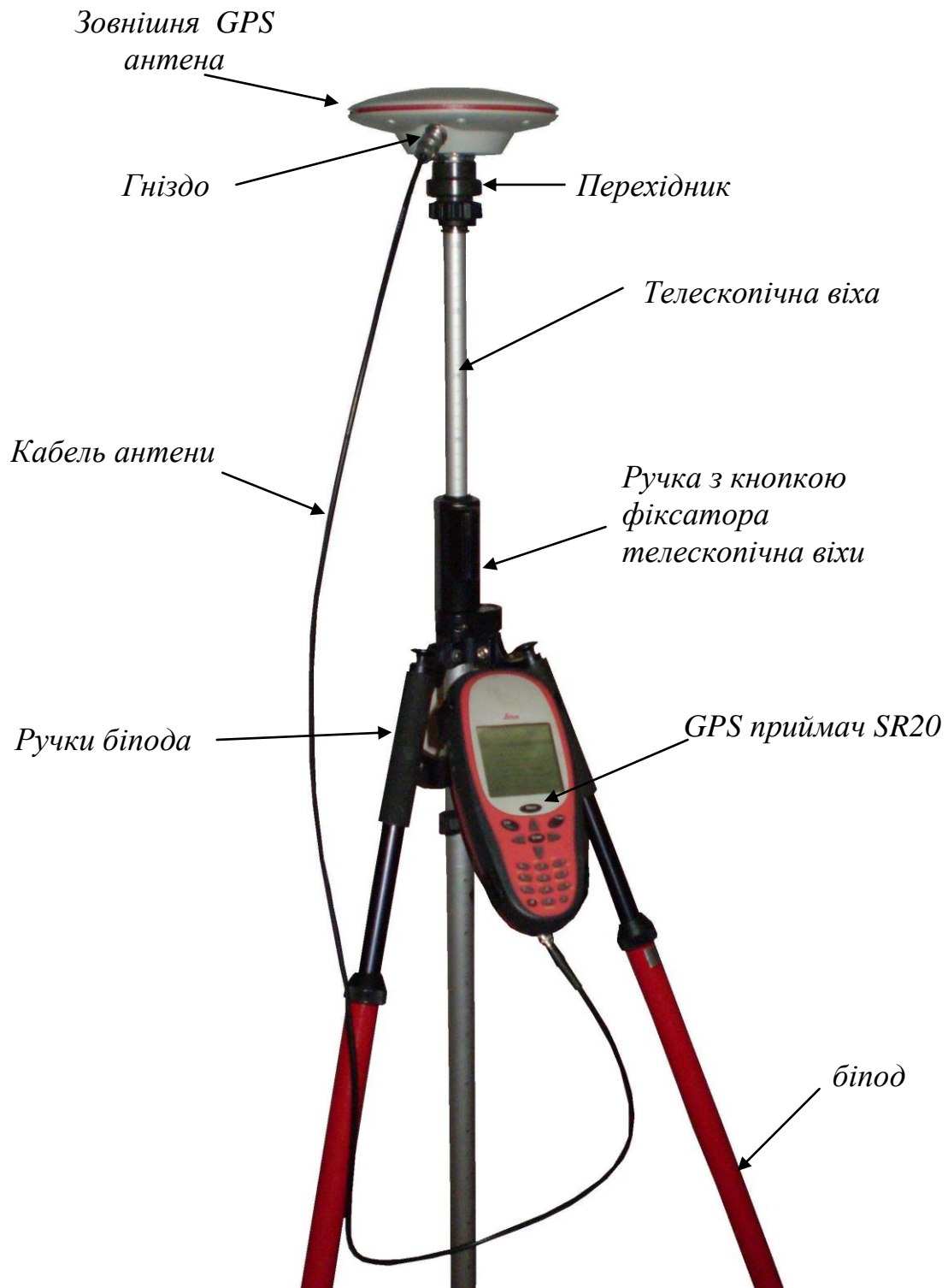


Рис. 6.18 Комплект встановлений на біподі.

GPS антени:

- AT501..... мікрополосна антена (L1) з вмонтованим захисним екраном від відбивних сигналів;

- RTB.....суміщена з GPS L1/beacon антена;

- RTS.....суміщена з GPS L1/ L band антена.

Інтерфейс:

- порт 1.....суміщений з RS232, розйом Lemo 7 Psn;

-робочий діапазон.....10 м.

Інші характеристики

- швидкість передачі.....230,4 Кбіт/с

(300/1200/2400/4800/7200/9600/19200/38400/57600/115200 біт/с)

- формат даних

перевірка.....ні/на непарність/ на парність

біти даних.....7;8

стопові біти.....1;2

управління потоком.....RTC/CTS

XON/XOFF

- Модуль RTB WoRCS RTB01

частотний діапазон модуля

прийому сигналів маяків.....від 280,5 до325,0 кГц

напруга живлення.....+7.2 VDC

номінальна потужність.....0,75 Вт.

Відповідність національним нормам:

- FCC Part 15 (застосовується в США);

- Leica Geosystems AG гарантує, що SR20 відповідає основним умовам європейської Директиви 1999/5/EC. Повний текст знаходиться на <http://www.leicaeosystems.com/ce>;

- СЕ обладнання класу 1, відповідно директиві 1999/5/EC(R&TTE) може виходити на ринок та використовуватися без будь яких обмежень в всіх країнах ЕС;

- відповідність нормам інших країн, не вказаних в FCC part 15 або European directive 1999/5/EC, повинно бути забезпечено до початку виконання робіт.

Діапазон частоти

- Bluetooth..... 2402-2480 MHz

Антенa

- тип.....вмонтована внутрішня антена

Транспортування та зберігання

Транспортування. При транспортуванні обладнання завжди використовуйте оригінальну упаковку Leica Geosystems.

При транспортуванні приладу необхідно:

- перевозити прилад в оригінальному чохлаі;
- переносити з перекинутим через плече штативом, втримуючи прилад в вертикальному положенні.

Зберігання. Необхідно дотримуватися температурного режиму при зберіганні приладу, особливо в літній період в транспортному засобі.

(від -40°С до +70° С / від -40° F до +158° F)

Літій-іонні батареї:

- рекомендується дотримуватися діапазонна температур від -20°С до +30° С / від -4° F до +68° F для зберігання в сухому приміщенні для зменшення саморозрядки батареї;

- при умові зберігання в рекомендованому діапазоні температури батарея з зарядкою від 10% до 50% можна зберігати до року часу. (після закінчення терміну батарею необхідно перезарядити);

- необхідно виймати батареї з приладу та зарядного пристрою перед зберіганням;

- після зберігання, перед використанням батареї необхідно перезарядити;

- захищати батареї від впливу сирості та вологи. Сирі та мокрі батареї необхідно просушити перед зберіганням та використанням.

Від'єднання або з'єднання шнурів, виймання карти пам'яті під час роботи заборонено, це може привести до знищення даних.

Чистка і сушка:

- для чистки використовують тільки чисту, м'яку, не ворсисту тканину. При необхідності можна зволожити чистим спиртом (використання інших рідин може пошкодити полімерні компоненти);

- вологе обладнання необхідно розпакувати, просушити при температурі не вище +40° C / 108° F та почистити;

- розйоми та шнури зберігаються чистими та сухими.

Інструкція з техніки безпеки:

Інструкція дає можливість виконавцю уникнути випадків які можуть привести до не якісного використання приладу та пошкодженню його при використанні.

Використання за призначенням

Дозволені варіанти застосування:

- вимірювання та обчислення координат, використовуючи сигнали Р-коду / або С/А- код супутників GPS, NAVSTAR;

- виконання вимірів з використанням різних методик GPS – вимірів;

- запис GPS – даних та опис точок;

- обчислення та оцінка точності результатів вимірів за допомогою програмного забезпечення;

- передача даних через внутрішній зв'язок (*radio*) «Bluetooth» для знімання в реальному часі;

- передача даних через внутрішній зв'язок (*radio*) «Bluetooth» для завантаження проєктів, систем координат та конфігурації.

Забороняються:

❖ використання приладу без ознайомлення з інструкції;

❖ використання приладу в умовах які непередбачені технічною документацією;


❖ виведення з ладу систем безпеки;

- ❖ розбирання приладу, якщо це не дозволено для окремих вузлів;
- ❖ модифікація, або зміна обладнання;
- ❖ робота з приладом, який має явні пошкодження чи дефекти;
- ❖ використання аксесуарів інших виробників без погодження з Leica Geosystems.

Geosystems.

Обмеження при використанні. Можна використовувати в середовищі постійного проживання людей. Забороняється перевозити прилад не упакованим (прилад може бути пошкоджений вібрацією). Необхідно використовувати захисні чохла. Заборонено використання в агресивному та в вибуховонебезпечному середовищі.

Головне меню та його функції.

Для початку роботи з приладом активізуємо кнопку  (Power). На дисплеї висвічується «Главное меню» (рис. 6.19). Головне меню умовно можна поділити на дві частини інформаційна та адміністративна.

Перша частина (інформаційна) відповідає за забезпечення користувача інформацією про стан GPS і прилад SR 20. Вона складається з шести клітинок, які відображають наступну інформацію:

- **індикатор точності** – засвідчується, коли місце положення приймача визначено. Відкрита сфера вказує на те, що місце положення було визначено в автоматичному режимі, а закрита сфера – в режимі DGPS. Додатково відображається текстова інформація про якість визначення місцеположення в просторі у вигляді коефіцієнта PDOP (характеризує вплив конфігурації супутників на точність визначення положення приймача в просторі).

(H – точність визначення координат «B, L або X,Y», V – точність визначення висоти точки, PDOP - коефіцієнт погіршення точності визначення просторового місцеположення пункту «X,Y,Z або B,L,H»)

- **індикатор режиму знімання** засвічується, коли положення точки (в лінії або полігоні) визначається в режимі «статика», індикатор відображається в вигляді штативу. Якщо індикатор відображається у вигляді людини, користувач може переходити на наступну точку.



Рис. 6.19. «Главное меню» приймача.

- **індикатор супутників** – забезпечує поточною інформацією про кут відсікання супутників які спостерігаються на величину кута 10° від горизонту (значення кута задається), кількість видимих супутників і кількість супутників що спостерігаються (8/11 чисельник – супутники, що спостерігаються, знаменник – кількість всіх супутників, що зафіксував прилад).

- **диференціальні поправки.** Значок засвідчується коли диференціальні поправки прийняті і опрацьовані. Якщо отримання поправок перервано, то через 1/3 заданого часу збільшується коефіцієнт поправки, а в лівому куті клітинки з'являється знак оклику « ! ». Якщо поправки все-таки не прийняті, то через 2/3 заданого часу збільшується коефіцієнт поправки та появляється додатковий знак оклику « ! ! ». Якщо поправки не будуть прийняті протягом даного часу зростання поправок, появляється третій знак оклику і знак диференціальної поправки зникає.

- **стан карти пам'яті** – відображає величину заповнення (Compact Flash) карти в процентах.

- **аккумулятор і час** – індикатор відображає поточну інформацію стану зарядки аккумулятора в процентах (%) та час отриманий з супутників. Час приймача визначається не пов'язано з внутрішнім аккумулятором він відображається після отримання сигналу від одного або більше супутників.

Друга частина головного меню складається з дев'яти пунктів:

1 *Съемка* – використовується для створення інформаційної бази проекту і збору даних.

2 *Управление данными* – дозволяє користувачу перегляд зібраних даних в табличній формі.

3 *Разбивка* – використовується навігаційним приладом для пошуку пунктів і винесення точок на місцевості.

4 *Прикладные задачи* – забезпечують розв'язок наступних задач: визначення площі, перетворення координат (1 – крок), перетворення файлів, геодезичні розрахунки (не активований).

5 *Установки* – дозволяють користувачу задати установки конфігурації які будуть використовуватися при зборі даних (наприклад: Постобробка, Кінематика).


6 *Управление проектами* – дозволяє створити новий проект або вибрати вже існуючий для подальшої роботи з ним.

7 *Управление списком кодов* – дозволяє вибрати необхідну систему координат в якій працює GPS система.

8 *Утилиты* – дозволяє: опрацювати файли, оновити внутрішнє програмне забезпечення, виконати передачу даних, очистити системну пам'ять.

9 *Состояние* – дозволяє побачити стан приладу, приймача та антени

6.7.2. Складання проекту та робота на станції з приймачем LEICA «SR 20».

Для початку роботи з приладом активізуємо кнопку  (Power). На дисплеї висвічується «Главное меню» (рис. 6.20). Опис головного меню подано в пункті 6.7.1.

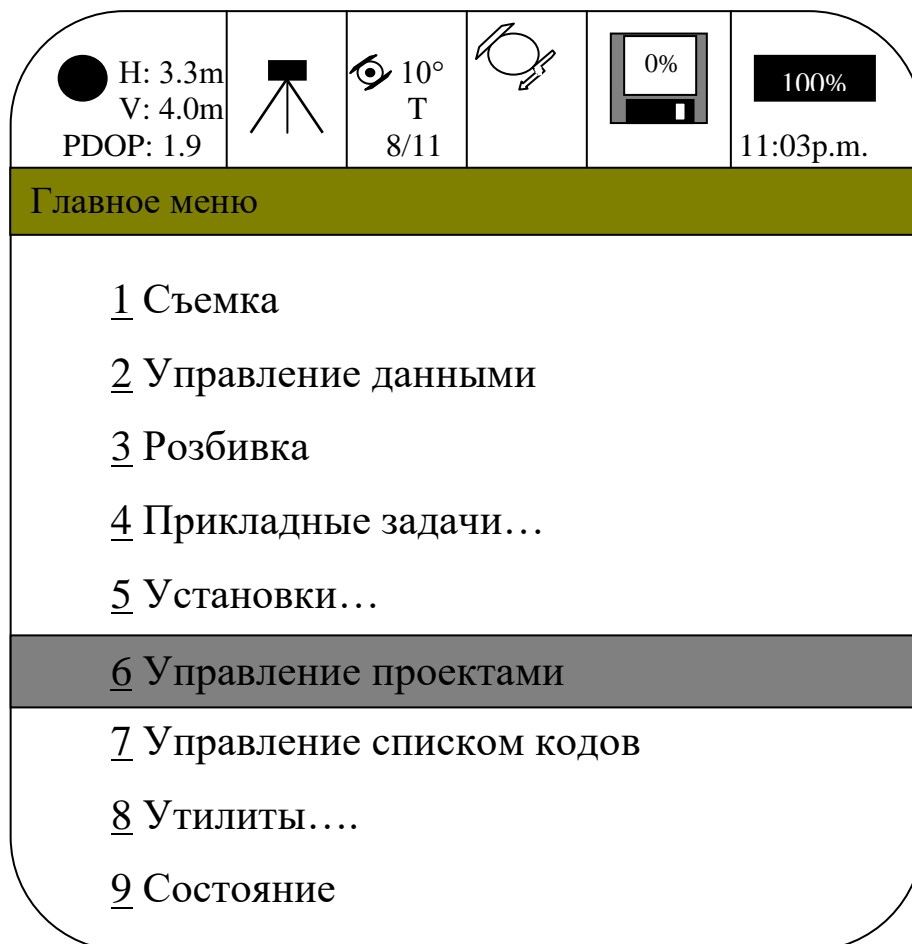


Рис. 6.20. «Главное меню»

У меню за допомогою клавіші джойстика переміщаємо смужку-курсив і виділяємо пункт «6 Управление проектами». Для активізації вибраного пункту

натискаємо клавішу **Enter** . На екрані з'являється меню «Управление проектами» (рис. 6.21). Це меню складається з двох колонок. Ім'я – відображається назва проекту. Створено – відображається дата створення проекту.

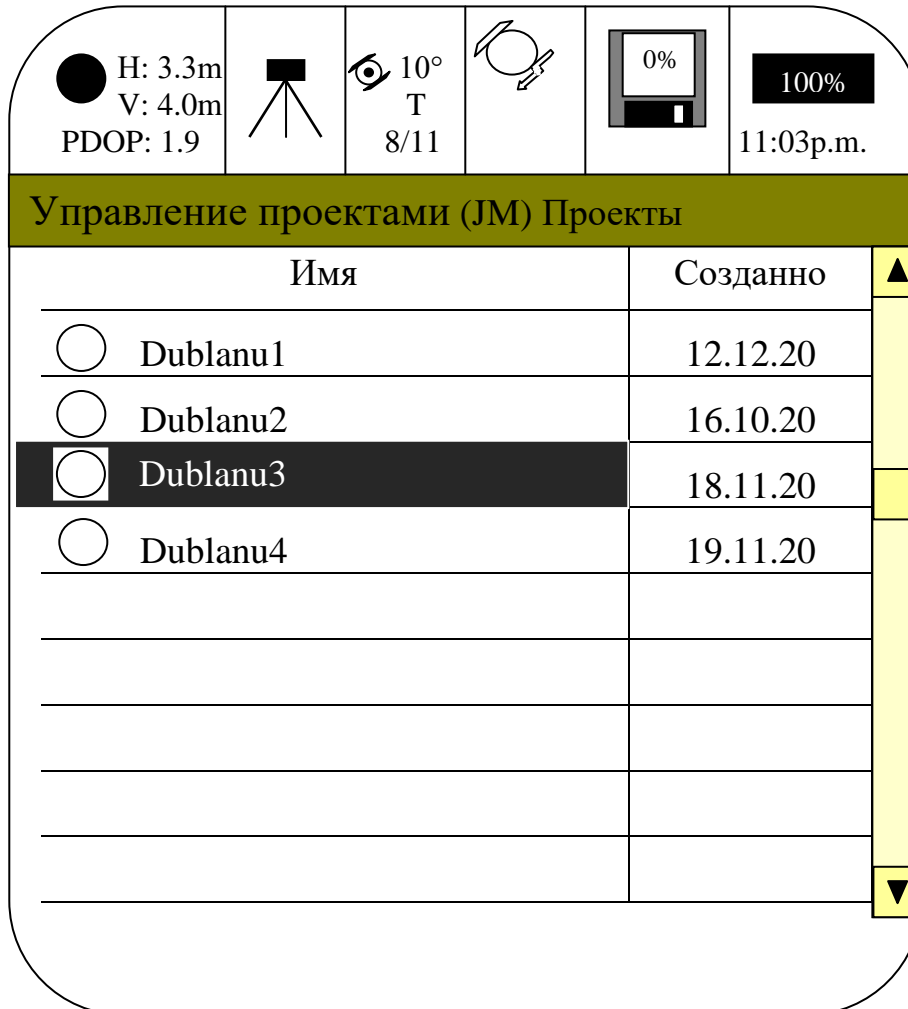


Рис. 6.21. Меню «Управление проектами».

Для продовження роботи можна вибрати вже створений проект або створити новий.

Створення проекту.

Щоб створити новий проект, необхідно активізувати клавішу **Menu**

На дисплеї висвічується наступне (допоміжне) вікно (рис. 6.22).

У цьому вікні висвітлюється перелік функцій, які можна використовувати для подальшої роботи:

- 1 Новый – призначена для створення нового проекту;
- 2 Откр. – призначена для відкриття існуючого проекту;

3 Закр^ыть – призначена для закриття існуючого проекту (не активна);

4 Свойства – призначена для опису вибраного проекту;

5 Удалить – призначена для видалення існуючого проекту;



Рис. 6.22. Меню «Керування проектом».

6 Карта – для створення карти-закладки;

7 Карта- подложка – призначене для перегляду карток-закладок, якщо вони створені.

8. Дополнительно... – призначене для додаткових функцій.

Главное меню – призначена для швидкого доступу в "Головне меню".

Для створення нового проекту курсивом вибираємо функцію "1 Новый".

На дисплеї висвічується наступне вікно "JM(2): Новый проект" (рис. 6.23).

Время Дата – вказано дату і час створення проекту (встановлюється автоматично приладом).

Имя проекта – вказується назва проекту.

Создатель – вказується назва розробника проекту.

Сист. коорд. – вказується система координат, в якій працює прилад.

Файл геоида – вказується назва геоїда.

СSCS файл – загрузка файлів коректування місцевих систем координат.

Размер – розмір проекту.

● H: 3.3m V: 4.0m PDOP: 1.9	📐	👁️ 10° T 8/11	🔄	🔋 0%	100% 11:03p.m.
JM (2): Новый проект					
Время Дата	23.02.20. 03:37:36				
Имя проекта	JOB01				
Создатель	ЗВ				
Сист. коорд.	WGS84 ▼				
Файл геоида	<нема> ▼				
СSCS файл	<нема> ▼				
Размер	0				

Рис. 6.23. Меню «JM(2): Новый проект».

Системою координат за замовчуванням є WGS84. "Файл геоїда" і "СSCS файли" можна вибрати та змінити систему координат, звернувшись за допомогою до он-лайн LGO для додаткової інформації.

За допомогою курсора вибираємо пункт "Назва проекту", для активізації пункту нажимаємо клавішу **Enter**, за допомогою клавіатури вносимо потрібну інформацію і для підтвердження натискаємо клавішу **Enter**. Курсором переходимо до пункту "Розробник", для активізації пункту натискаємо клавішу

Enter, за допомогою клавіатури вносимо потрібну інформацію і для підтвердження натискаємо клавішу **Enter**. Після завершення введення інформації активізуємо клавішу **Esc**, на екрані з'являється меню «Керування проектом» (рис. 6.22). У цьому меню з'являється новостворений проект і він вже є активним. Для завершення роботи зі створення проекту активізуємо клавішу **Esc** на дисплеї висвічується "Головне меню" (див. рис. 6.20).

Робота з проектом.

У "Головному меню" (див. рис. 6.20) курсором вибираємо пункт "1 Съемка" і активізуємо клавішу **Enter**, після чого з'являється меню "Съемка (SUR): Быстрый старт" (рис. 6.24). Меню «Съемка (SUR): Быстрый старт» охоплює наступні функції.

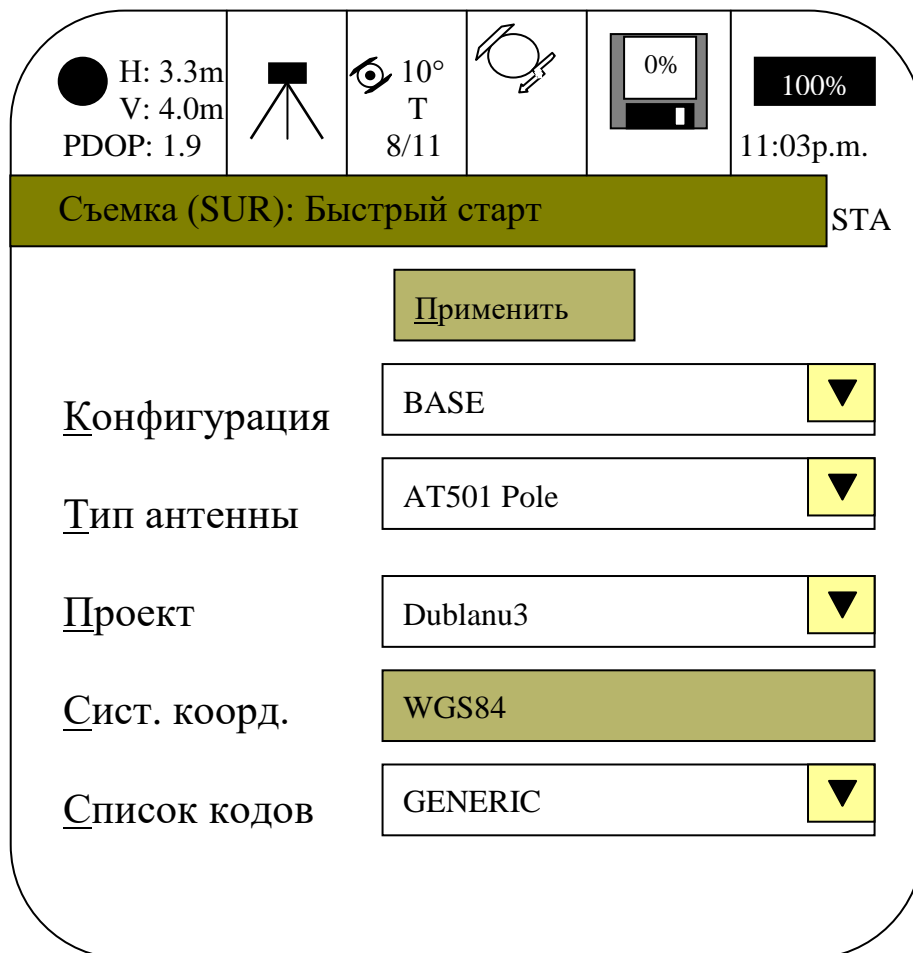


Рис. 6.24. Меню «Съемка (SUR): Быстрый старт».

Конфигурация – відображає методику роботи приймача (BASE, KINEMAT, STATIC, STOP-GO та інші (11 позицій));

Тип антенны – відображає тип антени, які можуть працювати з приймачем (AT501 Pole, AX1201, GS20 Internal та інші (6 позицій));

Проект – відображає проект, з яким працюємо, також можна змінити на попередньо створенні проекти;

Сист. коорд. – відображає систему координат, в якій працює приймач;

Список кодов – список кодів характерних точок для подальшого опрацювання їх на комп'ютері.

Вибираємо курсором ті параметри приймача, які потрібно змінити. Клавiшею **Enter** активiзуємо необхідні параметри. На дисплеї відобразиться додаткове вікно, в якому буде показано параметри приладу, обравши ті, які потрібно, активiзуємо їх клавiшею **Enter** . Додаткове меню зникає, а в рядку напроти функцій з'являються обрані параметри. Після введення необхідних поправок курсором і клавiшею **Enter** активiзуємо функцію «Применить». Прилад переходить в наступне вікно « SUR [2]: Измерение - Dublanu3» (рис. 6.25).

The screenshot shows a handheld device interface with the following elements:

- Status Bar:** Contains icons for antenna type, tripod, angle (10° T 8/11), battery level (0%), and a full battery indicator (100%).
- Title Bar:** Displays 'SUR [2]: Измерение - Dublanu3' and 'STA'.
- Buttons:** A green 'Измерить' button is located at the top right of the main area.
- Input Fields:**
 - 'Имя точки' (Point Name): POINT00015
 - 'Выс. антенны' (Antenna Height): 0.000м.
 - 'Точка' (Point): <None> with a dropdown arrow.
- Empty Field:** A large empty rectangular box is located below the input fields.
- Footer:** '(SUR): Полож.: 0 Вулзлв:'

Рис. 6.25 Меню «SUR [2]: Измерение - Dublanu3».

Имя точки – вказується номер точки спостереження;

Выс. антенны – вказується висота антени;

Точка – вказує на код точки, який можна міняти. У приладі вже створені три коди стандартних коди: «None», POINT, Waypoint.

Перед початком вимірів курсором вибираємо необхідну функцію і за допомогою клавіатури заповнюємо інформацією. Під час введення інформації з правого боку рядка з'являється знак «олівець», далі натискаємо клавішу **Enter**, курсор переходить до другої функції. Після введення необхідної інформації курсором вибираємо функцію «Виміряти» і клавішею Enter розпочинаємо процес вимірювань. У процесі вимірювань на точці на екрані приймача виводиться інформація про GDOP, тривалість вимірювань та ступінь завершення процесу вимірювань у відсотках (рис. 6.26). Інформація, яка з'являється у вікні, залежить від методики роботи приймача.

The screenshot displays the 'SUR [2]: Измерение - Dublanu3' menu. At the top, there are several status indicators: a black circle with 'H: 3.3m', 'V: 4.0m', and 'PDOP: 1.9'; a tripod icon; an eye icon with '10° T' and '8/11'; a hand icon; a battery icon showing '0%' and '100%' bars; and the time '11:03p.m.'. Below these is a green title bar with 'SUR [2]: Измерение - Dublanu3' and 'STA' on the right. A 'Стоп&Сохранить' button is centered. The main area contains three input fields: 'Имя точки' with 'POINT00015', 'Выс. антенны' with '0.000м.', and 'Точка' with '<None>' and a dropdown arrow. Below these is a box with the following text: 'Завершено: 0 %', 'Время до окончания: 10: 46: 03', 'Время на точке: 00: 00: 00', and 'Срывы цикла: 0'. At the bottom, there is a label '(SUR): Полож.: 0 злов:' followed by an empty input field.

Рис. 6.26. Меню «SUR [2]: виміри - Dublanu3».

Для завершення вимірів на точці курсором вибираємо функцію «Стоп&Сохранить». Виміри на точці будуть збережені, і прилад буде готовий до вимірів на наступній точці. На дисплеї висвічується меню «SUR [2]: Измерение - Dublanu3» (рис. 6.25), в якому продовжуємо роботу на наступній точці, задавши необхідні параметри, якщо в них відбулися зміни.

За допомогою клавіші **Page** можна перейти в інше вікно «STAT [2]: Положение спутников» (рис.6.27), в якому зображені розташування супутників і їх нумерація. Номери, які обведені чорним кольором, – це супутники, з якими прилад співпрацює, а на білому фоні – це ті, які прилад бачить, але їх сигнал слабкий і не може бути використаний.

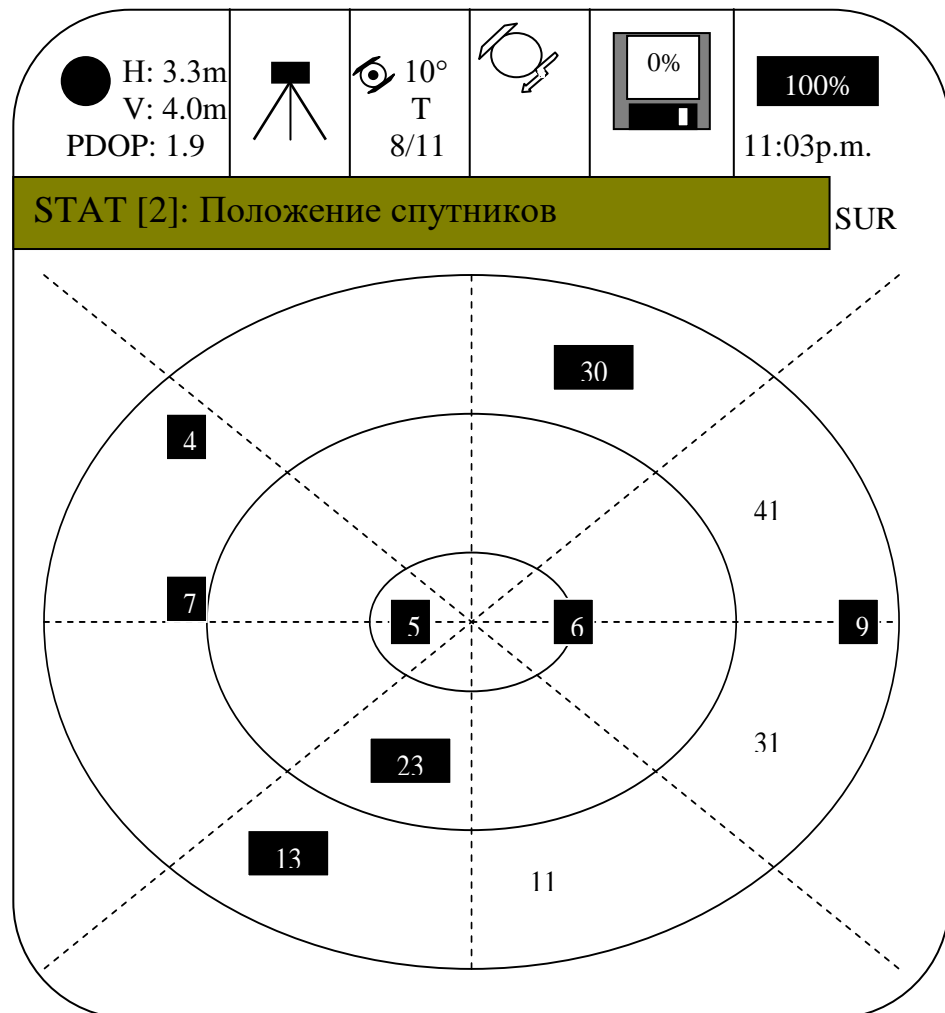



Рис. 6.27. Меню «STAT [2]: Положение спутников».

Після завершення вимірювань клавішею **Esc** виходимо в головне меню.

Після завершення роботи прилад автоматично зберігає всю інформацію.

Для вимкнення приладу активізуємо кнопку  (Power).

Щоб опрацювати інформацію з приладу, необхідно його підключити за допомогою кабеля до комп'ютера. Використовуючи програму «LEICA Geo Office Combined», дані з приладу зчитують і обробляють.

6.8. Двочастотний GNSS-приймач SPECTRA PRECISION EPOCH 35

GNSS-система Spectra Precision Epoch 35 забезпечує високоякісні результати вимірювань в різних режимах знімання, включаючи статику, кінематику та RTK. Технологія роботи з системою не вимагає прямої видимості між точками зйомки і може працювати в будь-яких погодних умовах. Для управління системою використовується програмне забезпечення Survey Pro встановлене в контролер Nomad. Для передачі диференціальних поправок від бази до роверу можуть бути використані декілька моделей радіомодемів різної потужності і дальності зв'язку. Також можлива підтримка мережевого RTK за допомогою підключається зовнішнього модему стільникового зв'язку.

База складається із зовнішньої батареї та приймача, що призначений для роботи із зовнішнім радіомодемом PacificCrest PDL («PacCrest»).

Рухомий приймач складається з приймача, внутрішнього радіомодема з опцією прийому і знімної батареї в міцному і легкому блоці. Світлодіодний дисплей на приймачі дозволяє контролювати відстеження супутників, прийом радіосигналів, стан файлів і живлення. Технологія Bluetooth, що застосовується в приймачі, дозволяє встановлювати бездротовий зв'язок між приймачем і контролером. Приймач підтримує 54 канали (14 L1 , 14 L2 GPS , 12 L1 , 12 L2 ГЛОНАС С, 2SBAS), відстеження супутників по повному циклу несучої фази, а також підтримує запис необроблених GNSS-спостережень на карту пам'яті SD.



Рис. 6.28. Загальний вигляд приймача SpectraPrecision Epoch 35



Рис. 6.29. Порти та гнізда приймача Epoch 35

Технічні характеристики

Вимірювання: Технологія відстеження супутників з низьким піднесенням. Частота визначення координат 5 Гц;

Зв'язок:

База: - Інтерфейс передачі даних координат Pacific Crest LPB або HPB;
 - OTA 9600 біт/с прозорий GMSK;

- RTCM 2,1, 2,2, 2,3, 3,0, CMR;

Рухомий приймач: - вбудований приймаючий UHF - інтерфейс зв'язку;

- RTCM 2,3 & 3,0, CMR, CMR+, NTRIP;

Характеристики позиціонування:

Статична GNSS-зйомка: в плані: ± 5 мм +0,5 мм/км (СКО);

по висоті: ± 5 мм +1 мм/км (СКО);

Зйомка в реальному часі: в плані: ± 10 мм +1 мм/км (СКО);

по висоті: ± 20 мм +1 мм/км (СКО);

Ініціалізація: 30 секунд, автоматична під час руху або статична;

Час ініціалізації: зазвичай <30 секунд;

Пуск: Холодний пуск: < 60 сек з моменту включення;

Теплий пуск: < 30 сек зі свіжими ефемеридами;

Точність диференційного позиціонування: зазвичай <5 м (3 СКО);

Bluetooth: Вимоги дозволів на використання регламентуються законодавством кожної країни;

Розмір (ШхВхД): 19,0х7,0х20,0 см, включаючи гнізда;

Вага: базовий – 1,0 кг;

рухомий – 1,1 кг з внутрішньою антеною та UHF антеною;

Середній час роботи від внутрішньої батареї: RTK/Static: 5,5 год;

Температура експлуатації: -20 ... +65°C;

Температура зберігання: -40 ... +75°C;

Водо- та пилонапроникність: IP 64.

Порядок встановлення базового приймача:

1. Встановіть приймач на штатив;
2. Прикріпіть зовнішній радіомодем на штатив;
3. Підключіть антену до зовнішнього радіомодему;
4. Радіокабелем з'єднайте радіомодем та приймач;
5. Підключіть радіомодем та приймач до зовнішньої батареї.

Порядок встановлення рухомого приймача:

1. Закрутіть приймач на віху;

2. Прикріпіть до віхи кронштейн контролера;
3. Вставте контролер в кронштейн.

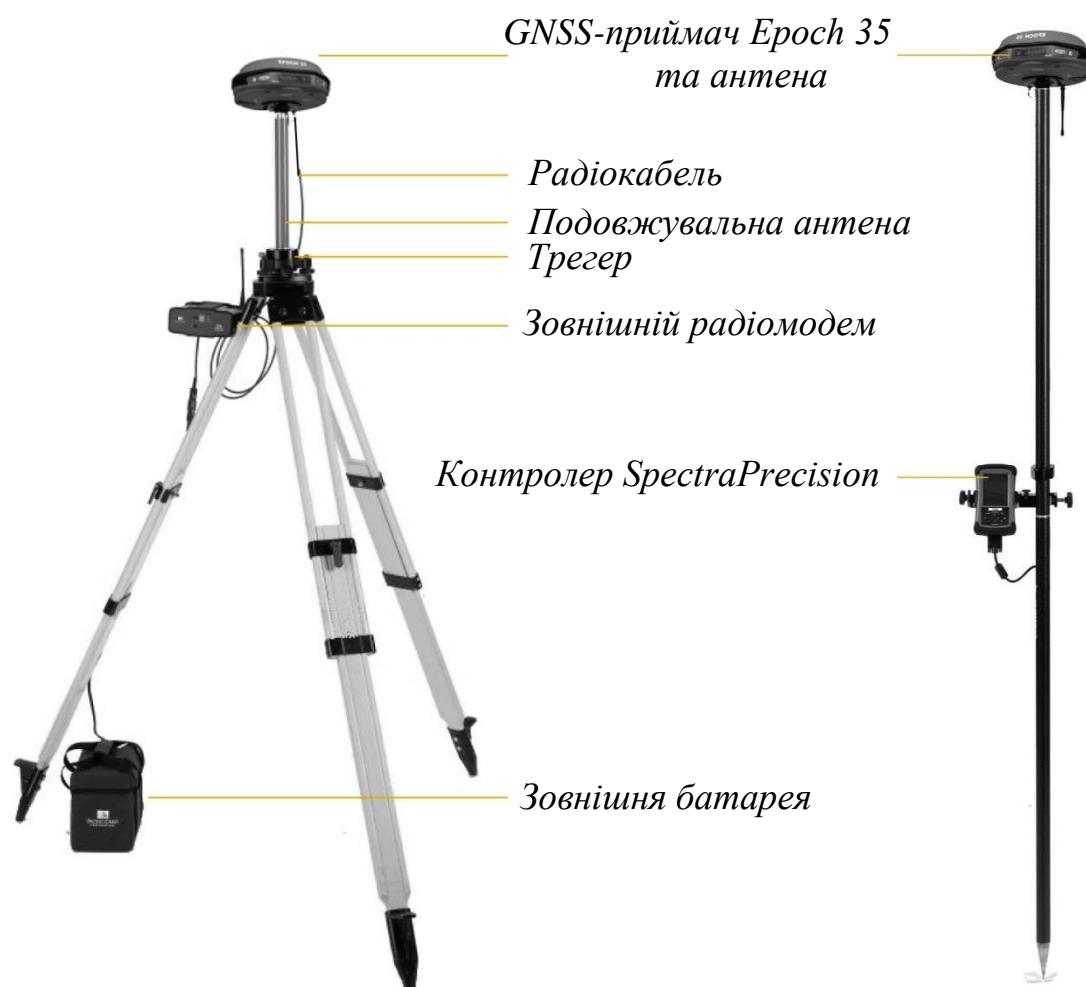


Рис. 6.30. Приймач встановлений на штатив (базовий)
та на віху (рухомий)

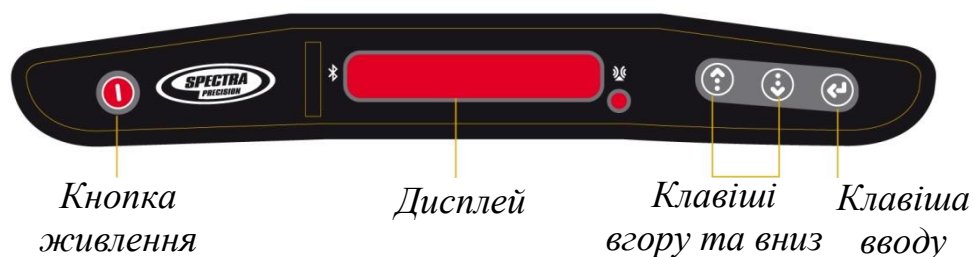


Рис. 6.31. Панель управління приймачем

Для **ввімкнення приймача** нажміть та відпустіть клавішу живлення. Приймач видасть звуковий сигнал наслідком якого буде самоперевірка. Після завершення перевірки відобразиться статус GPS.

Для **вимкнення приймача** нажміть та потримайте кнопку живлення на протязі не менше 5 секунд. Після цього відобразиться повідомлення «GPS OFF» (GPS вимк.) та приймач видасть три звукових сигнали.

Клавiші **вгору та вниз** служать для гортання пунктів меню та параметрів.

Клавiша **вводу** служить для переходу до параметрів активного пункту меню або для повернення до головного меню.

Текст і символи на **дисплеї** надають інформацію та інструкції з різних завдань. Символи та їх зміст наведені табл. 6.6.

Таблиця 6.6

Функції головного меню

Символ	Зміст
• (в першій позиції)	Технологія Bluetooth використовується для обміну даними з контролером
: (в першій позиції)	Послідовний кабель, підключений до порту COM 1, використовується для обміну даними з контролером
➡ (в останній позиції)	При натисканні клавiші вводу відображаються додаткові параметри і додаткова інформація
⬅ (в першій позиції)	Відкрито підменю. Натисніть клавiшу вводу для повернення до головному меню
⬆ або ⬇ (в останній позиції)	Доступні додаткові пункти або параметри. Для переходу до них натискайте кнопки вверх чи вниз

Після завершення процедури самоперевірки відображається статус GPS. Спочатку, поки приймач отримує інформацію про супутники, на дисплеї відображається напис «0/00». Оновлення статусу може зайняти кілька хвилин, особливо якщо приймач перебував у вимкненому стані протягом тривалого часу. Після оновлення статусу GPS перший символ вказує якість координат, як описано нижче, а другий – кількість супутників, що відслідковуються.

A – автономні;

B – режим бази;

D – плаваючі рішення;

F – фіксовані розв'язки.

БУДОВА КОНТРОЛЕРА SPECTRAPRECISION NOMAD 900

Серія Trimble Nomad G має повну сумісність з картографічним та ГІС програмним забезпеченням Trimble, а також безліч конфігурацій відповідно до умов роботи. Дана серія контролерів відрізняється величезним обсягом Flash пам'яті (до 6 Гб), 128 Мб оперативної пам'яті, потужним 806 МГц процесором, портами бездротового зв'язку LAN та Bluetooth, роз'ємом для змінної SD (Secure Digital) карти і великим (3,5 дюймовим) VGA дисплеєм. Маючи безліч опцій конфігурації, таких як стільниковий модем, цифрова камера, лазерний сканер штрих-кодів, опціональний роз'єм для змінної CF (Compact Flash) карти серія Trimble Nomad G забезпечує ряд комплексних рішень для збору польових даних або для їх перевірки.

При використанні вбудованої цифрової камери, зображення зберігаються безпосередньо в пам'яті пристрою і відразу ж можуть бути використані при роботі з польовим програмним забезпеченням. Додатково вбудовується сканер штрих-кодів дозволяє автоматизувати процес збору даних і відстеження переміщень об'єктів.

Технічні характеристики

Операційна Система: Windows Mobile 6,1;

Процесор: Marvell PXA320 XScale, 806 МГц;

Оперативна пам'ять: DDR SDRAM, 128 Мб;

Флеш-пам'ять: накопичувач NAND Flash обсягом від 512 Мб до 6 Гб;

Екран: 480x640 пікселів (VGA), TFT, світлодіодне підсвічування;

Клавіатура: екранна та цифрова;

Час роботи від батареї: близько 15 годин;

Час зарядки батареї: 4-4,5 годин;

Ємність батареї: літій-іонна акумуляторна батарея ємністю 5200mAh;

Блок живлення: Cincon TR30RAM050;

Живлення: вхідна напруга: 5,0 В постійного струму, 4,0 А;



Рис. 6.32. Загальний вигляд контролера NOMAD 900 (вигляд зпереду)



Рис. 6.33. Загальний вигляд контролера NOMAD 900 (вигляд ззаду)

Панелі введення-виводу:

USB Boot: Mini-USB client, USB host, Audio Jack, Power;

Serial Boot: Mini-USB client, RS-232 serial (9-pin), Power

Звук: вбудовані динамік та мікрофон. Аудіогнізда для підключення гарнітури з монофонічними навушниками і мікрофоном;

Порти розширення: *Стандартні:* роз'єм карти SD, карти CF типу II або USB; *З кольоровою цифровою камерою:* роз'єм карти SD, камера(5 мегапікселів); *Зі сканером штрих-кодів і камерою:* роз'єм карти SD,сканер, камера;

Вбудовані модулі бездротового зв'язку: оснащений модулем Bluetooth, додатково: стільниковий модем , модуль Wi-Fi та GPS-приймач.

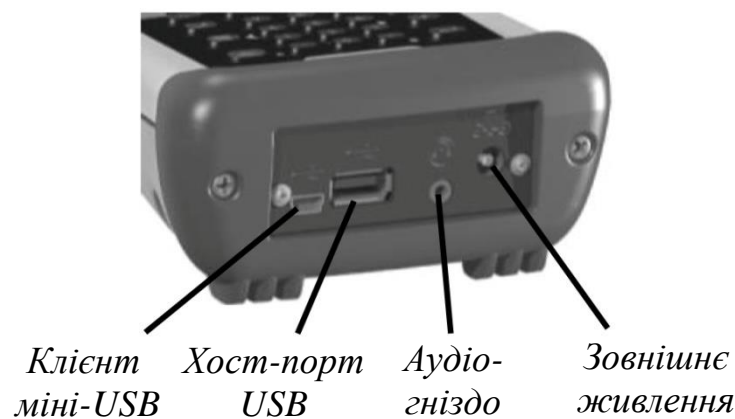


Рис. 6.34. Панель вводу-виводу з портами USB (вигляд знизу)

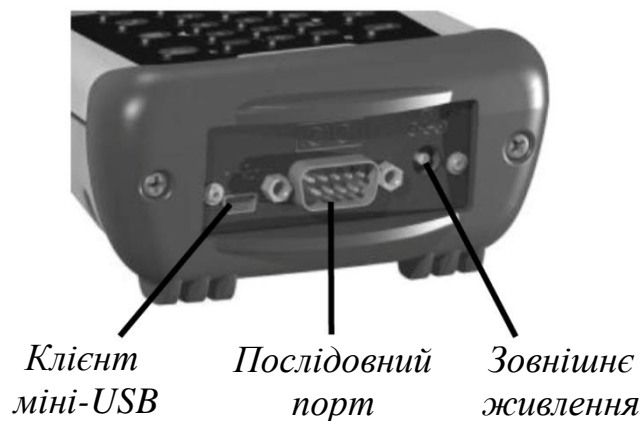


Рис. 6.35. Панель вводу-виводу з послідовним портом (вигляд знизу)

Ввімкнення та вимкнення контролера. При установці батареї контролер повинен виконати завантаження. Якщо цього не відбулося натисніть і відпустіть зелену кнопку **«Живлення»** на клавіатурі. Для вимкнення контролера знову натисніть і відпустіть кнопку **«Живлення»**. Одна з найбільш зручних функцій даного контролера - перехід в режим очікування і вихід з

нього. При кожному ввімкненні контролер активується миттєво – завантаження очікувати не доводиться (за винятком першого завантаження).

Динамік та мікрофон. Контролер оснащений вбудованим динаміком та мікрофоном. Він також оснащений аудіогніздом для підключення гарнітури з монофонічними навушниками і мікрофоном. Це гніздо непризначене для підключення стереофонічних навушників. Для запуску запису натисніть пункти **«Пуск»/ «Програми»/«Заметки»**. Якщо панель **«Запись»** не відображається, натисніть пункти **«Меню»/«Показати панель записи»**. Натисніть круглий червоний символ записи на екрані. Контролер буде здійснювати запис до тих пір, поки не буде натиснута кнопка **«Стоп»**. Записаний файл буде збережений в папці **«Заметки»**.

Екран «Сьогодні». Екран **«Сьогодні»** містить необхідну інформацію для поточного дня. Натисніть будь-який елемент для перегляду та редагування відомостей. Для налаштування елементів, що відображаються на екрані **«Сьогодні»**, натисніть пункти **«Пуск» /«Налаштування» / «Сьогодні» / «Елементи»**.

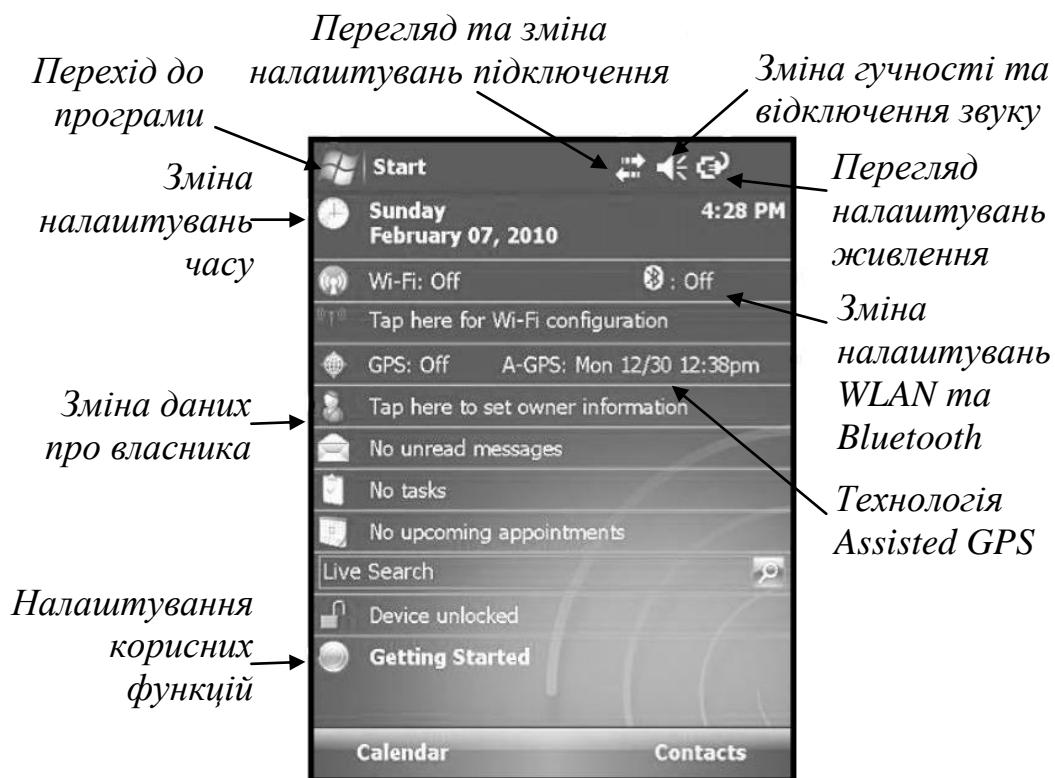


Рис. 6.36. Вигляд екрану «Сьогодні»

Для включення або виключення підсвічування утримуйте клавішу «*Питание*» приблизно одну секунду. Після виключення підсвічування залишиться виключеною до тих пір, поки не буде включена. Вона не включиться при торканні екрану або натисканні кнопок.

Функції кнопки «Живлення» Клавіша «*Питание*» дозволяє вмикати та вимикати контролер, а також виконувати кілька додаткових дій .

Виклик меню «Живлення». Натисніть і утримуйте клавішу «*Питание*» протягом 3-х секунд для відображення таймеру зворотного відліку. Якщо продовжити утримувати клавішу «*Питание*», буде виконано перезавантаження контролера після досягнення таймером нуля. Якщо відпустити клавішу «*Питание*» під час зворотного відліку, відкриється показане нижче меню. Натисніть будь-яку клавішу або «*OK*» для виходу.

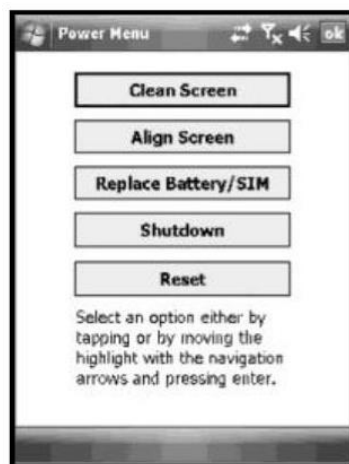


Рис. 6.37. Вигляд меню «Живлення»

«*Clean Screen*» (*Очищення екрану*) – відключення сенсорного екрану для очищення. Натисніть кнопку «*Ввод*» для включення сенсорного екрану.

«*Align Screen*» (*Калібрування екрану*) – повторення процедури калібрування.

«*Replace Battery/SIM*» (*Заміна батареї або SIM-карти*) – ця функція забезпечує відключення сигналів на час заміни батареї або SIM- карти на контролерах модулями стільникових модемів.

«*Shutdown*» (*Завершення роботи*) – ця функція призначена для тривалого збереження і переключення контролера в режим найменшого енергоспоживання.

Стан додатків, що виконуються, незбережені дані та параметри реального часу будуть втрачені. Для вбудованого GPS-приймача будуть відновлені налаштування за замовчуванням. Для виведення контролера з режиму відключення живлення натисніть кнопку **«Питание»**, після чого відбудеться завантаження контролера.

«Reset» (Скидання) – зупинка всіх програм що виконуються та перезавантаження контролера. Дані у файловій системі будуть збережені, втрачені будуть тільки відкриті та незбережені файли. Всі налаштування реєстру, панелі управління, особиста інформація, налаштування GPS і бази даних будуть збережені.

Жовта функціональна клавіша. Жовта функціональна клавіша на цифровій клавіатурі (клавіша FM) забезпечує доступ до функцій, що позначені жовтим кольором, у тому числі до стрілок навігації. У меню **«Keyboard Options»** (Параметри клавіатури) можна змінити деякі налаштування.

«Auto release» (Автоматичне перемикання) – для однократного отримання доступу до функцій, що виділені жовтим кольором, потрібно натиснути і відпустити жовту функціональну клавішу. Після одного натискання буде відновлено основне призначення клавіш.

«Manual release» (Ручне перемикання) – це режим за замовчуванням. Натискайте функціональну кнопку для включення і виключення цього режиму. Виділені жовтим кольором функції залишаться активними до наступного натискання жовтої функціональної клавіші.

«Disabled» (Відключено) – у цьому режимі для отримання доступу до функцій, що виділені жовтим кольором, буде потрібно утримувати функціональну клавішу, натискаючи інші необхідні кнопки.

«Play Sticky Key Sounds» (Відтворювати звуки функціональних клавіш) – щоб відключити звуки функціональних клавіш, зніміть цей прапорець.

БУДОВА ПРИЙМАЧА PROMARK 100

Універсальним вирішенням для постобробки отриманих даних є геодезичні приймачі ProMark100, розроблені співробітниками компанії Ashtech. Міцний приймач, включений в корпус приладу, надійно працює на основі подвійного прийому сигналу GPS і ГЛОНАСС. Нова антена Ashtech ASH - 660 розширює можливості прийому даних. Крім того, прилад оснащений унікальним програмним забезпеченням Ashtech ProMark Field, що дозволяє вирішувати в полі широке коло геодезичних завдань.

Портативний інструмент розташовується у водонепроникному корпусі, який так само захищає його від пилу. Деякий час прилад може перебувати під водою на глибині до 1 метра і не отримує ушкоджень. Завдяки власній технології, запатентованої компанією, геодезичний приймач отримує точні дані в будь-яких умовах, чи то забудоване місто, ліс або гори.

Простота приладу дає можливість безперервного активного використання. Крім того, операційна система Windows Mobile 6.5 проста в роботі. В середині немає непотрібних функцій і складних програм, всі функції зрозумілі навіть новачкові і сприймаються на інтуїтивному рівні. Зв'язок із зовнішніми пристроями забезпечується всіма доступними на сьогоднішній день методами.

Крім бездротових модулів Bluetooth і Wi-Fi , GPRS/EDGE, можлива передача даних пристроїв, підключених через USB порт. Надійне відображення достовірної інформації на кольоровому сенсорному дисплеї залишається незмінно якісним при будь-якому рівні освітлення та під будь-яким кутом перегляду. Об'єм пам'яті користувач може збільшити самостійно, купивши карту SDHC. Базовий комплект функцій легко розширюється під індивідуальні потреби.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

GNSS-характеристики:

- GPS
- SBAS WAAS/EGNOS/MSAS

- L1 C/A
- L1/L2 P(Y)-код, L2C
- Фаза несучої на повній довжині хвилі

Процесор:

- Marwel PXA 320
- Тактова частота 806 МГц

Операційна система:

- Microsoft Windows Mobile Professional версія 6.5
- Мова (вибирається при замовленні): англійська, французька, іспанська, німецька, португальська, італійська, грецька, спрощена та традиційна китайська, японська чи корейська
- Пакет програм: Інструменти GNSS, Internet Explorer, Microsoft Office Mobile, ActiveSync, Transcriber (розпізнання рукописного вводу)

Передача даних:

Стільникова мережа:

- Вбудований GPRS, EDGE модем, клас 12
- Чотири діапазони: 850/900 МГц, 1800/1900 МГц

Bluetooth:

- Bluetooth 2.1 (клас 2) з EDR
- Профілі: SPR, DUN, FTP, OPP, HSP, A2DP

Інше:

- RS232, USB через док-станцію
- Wireless LAN 802.11 b/g (через роз'єм SDIO)

Фізичні характеристики:

- Розміри приймача: 190 x 90 x 43 мм
- Вага приймача (включаючи батарею): 620 г
- Вага самого приймача: 480 г

Інтерфейс користувача:

Клавіатура:

- Алфавітно-цифрова віртуальна клавіатура
- 4-х позиційна навігаційна клавіша, клавіші ОК, Меню, Вихід, Наблизити/Віддалити + контекстно-залежні клавіші
- Підсвітка клавіатури

Дисплей:

- Кольоровий сенсорний TFT дисплей з високою роздільною здатністю, що читається при сонячному світлі із світлодіодним підсвіченням

- Розмір: 3.5", портретна орієнтація

Пам'ять:

- ОЗУ: 256-MB
- Пам'ять для зберігання даних: 2-GB NAND Flash
- Роз'єм для карт пам'яті SDHC

Характеристика навколишнього середовища:

- Робоча температура: від -20°C до +60°C
- Температура зберігання: від -25°C до +70°C
- Вологість: від 10°C до 90°C без конденсації
- Вологозахист
- Ударо- та віброзахист: ETS300 019, вібрація Mil STD 810 метод 514.5
- Вільне падіння з висоти до 1,2 м на бетон

Вимоги до живлення

- Змінна батарея: Li-Ion, 6600 мАг
- Час роботи від батареї: 8 годин при 20°C, із ввімкненим прийомом GNSS та відключеними Bluetooth, MLAN і підсвічуванні екрану
- Час зарядки батареї: 3 години
- Зовнішнє живлення: 9-28 В постійного струму

Мультимедіа та сенсори:

- Камера 3 Мп
- Електронний компас
- Акселерометр
- Гучномовець
- Мікрофон

Акcesуари в комплекті:

- Вбудований стилус
- Док-станція
- Блок живлення
- USB кабель

Клавіатура приладу, її основні клавіші та функції






Клавіші	Опис
	Клавіатура включає в себе 2 таких кнопки (зправа та зліва). Клавіша для входу у різні функції (наприклад, <i>Сообщения</i> , <i>Контакты</i> , <i>Меню</i> , <i>Регистрация</i> і т. д.)
	Клавіша для збільшення карти, що відображається на екрані
	Клавіша для зменшення карти, що відображається на екрані
	В деяких додатках цю клавішу використовують для відміни останньої дії чи повернення до попереднього екрану
	За замовчуванням це клавіша для відображення чи приховування віртуальної клавіатури на екрані. Користувач може призначити для цієї клавіші іншу функцію через <i>Пуск > Настройки > Персональные > Кнопки</i>



Рис. 6.38. Загальний вигляд приймача ProMark 100 (вигляд зпереду)

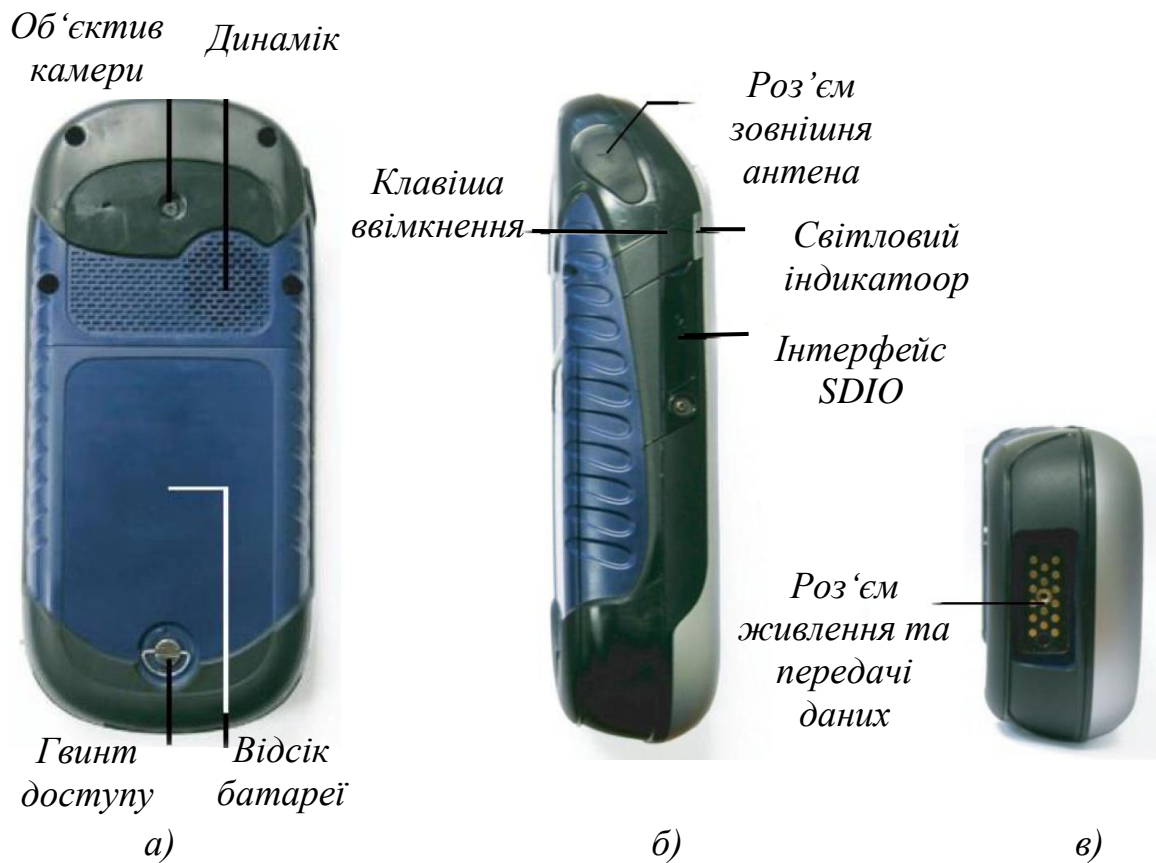


Рис. 6.39. Вигляд приймача ззаду (а), зпереду (б), знизу (в)

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які системи глобального позиціювання ви знаєте?
2. З яких секторів складаються системи глобального позиціювання?
3. Наведіть класифікацію GPS приймачів.
4. Наведіть принципи роботи мережі базової станції RTK.
5. Наведіть переваги мережевого RTK.
6. Вміст комплекту одночастотного приймача Leica SR 20.
7. Технічні характеристики одночастотного приймача Leica SR 20.

Адміністративна частина головного меню.

8. Зберігання приладу.
9. Інформаційна частина головного меню.
10. Лицевий вигляд одночастотного приймача Leica SR 20.
11. Основні технічні характеристики приладу.

12. Показати на приладі та розказати порядок включення та входу в головне меню.
13. Показати на приладі та розказати порядок створення нового проекту.
14. Розшифрувати вікно «JM (2) Новый проект».
15. Розшифрувати вікно «SUR [2]: Измерение – (назва проекту)».
16. Розшифрувати вікно «SUR [2]: Положение спутников».
17. Розшифрувати вікно «Съемка (SUR) Быстрый старт».
18. Розшифрувати вікно «Управление проектами (JM) проекты».
19. Складові частини головного меню.
20. Техніка безпеки при роботі з приладом.
21. Транспортування приладу.
22. Функції складових адміністративної частина головного меню.
23. Функції складових головного меню.
24. Функції складових інформаційної частина головного меню.

Розділ 7

ДОДАТКОВІ ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИСТРОЇ ТА ОБЛАДНАННЯ

Гіроскопічне обладнання. Призначено для контролю напрямку в гірській промисловості і при будівництві тунелів. Основа роботи з гіроскопом - орієнтування географічної північ. За допомогою гіроскопічної насадки GYROMAX™ можна визначити азимут протягом 15 хвилин. Управління може здійснюватися за допомогою блоку дистанційного керування, при цьому передача даних на комп'ютер або реєструючий пристрій забезпечується за допомогою кабелю або Bluetooth.

Гіроскопічна насадка Gyromax АК-2М. Гіроскопічна насадка в комплекті з електронним тахеометром є багатофункціональним інструментом і може використовуватися в підземному будівництві: у тунелях метрополітену, гідротехнічних, транспортних тунелях. Gyromax АК-2М (рис. 7.1) дає можливість визначити дирекційний кути в підземних умовах, де супутникові методи GPS неможливо застосовувати.

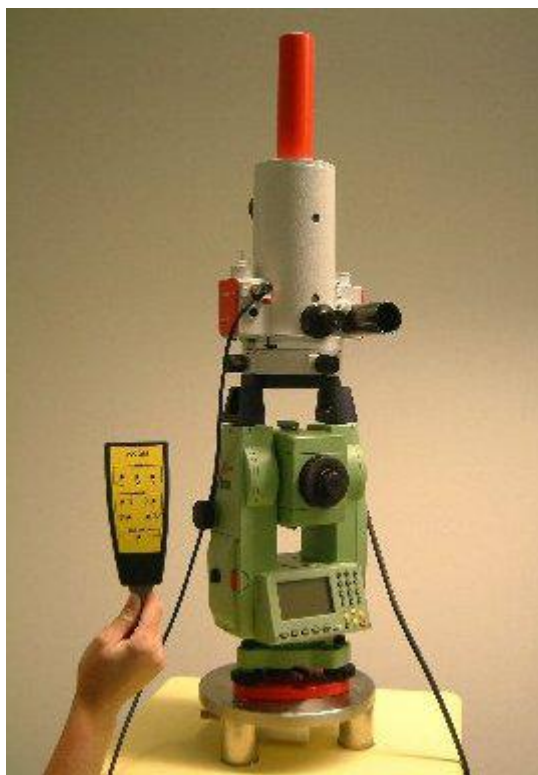


Рис. 7.1 Гіроскопічна насадка Gyromax АК-2М.

Leica Power Grade 3D - тривимірний система машинного контролю

грейдера. Система Leica PowerGrade 3D використовує найсучасніші системи позиціонування на основі GPS технологій і роботизованою тахеометрії, максимально оптимізуючи процес будівництва. Це не тільки значне підвищення продуктивності і ефективності, а й неперевершена гнучкість.



Рис. 7.2 Leica iCON iGG3 (Power Grade) - 3D система управління грейдером..

Leica PowerGrade може значно розширити термін служби техніки, підвищити продуктивність і оптимізувати використання матеріалів при будь-яких земляних та профільюючих роботах. Система може використовувати

широкий спектр різних датчиків і поєднує в собі простоту використання, неперевершену гнучкість з дуже потужним і інтуїтивно зрозумілим призначеним для користувача інтерфейсом.

Ключова особливість системи **Leica PowerGrade** лежить в концепції PowerSnap - єдина док-станція дозволяє легко і швидко змінювати панелі контролерів в залежності від роду робіт, що проводяться. Просто поставте контролер на док-станцію і починайте працювати.

Основні переваги

1 - Підвищення продуктивності

- Максимізація терміну працездатності машини і якнайшвидша окупність, завдяки досягненню потрібного результату турботи з першого разу.
- Економія часу: установка і запуск роботи за лічені хвилини. Система PowerGrade запам'ятовує всі налаштування.

2 - Підвищення гнучкості

- Унікальна можливість швидкої установки контролерів.
- Просте зняття ключових компонентів для безпеки при нічному просте.
- Повністю розширювана система від базової 2D до повної 3D. Варіанти управління по лазеру, по ультразвуковим датчикам, по датчикам ухилу, за допомогою GPS або роботизованого тахеометра.

3 - Економія коштів

- Більш швидкі робочі цикли знижують операційні витрати.
- Скорочення витрат на робочу силу за рахунок зменшення або усунення перевірок вирівнювання і отримання потрібного профілю швидко і якісно.

неперевершена гнучкість

Чи варто купувати закінчену систему для бульдозера або грейдера на кожну машину в парку? Унікальна концепція швидкого монтування та знімання компонентів дозволяє змінювати конфігурацію з однієї на іншу в залежності від вимог до робіт.

Наприклад: використання грейдера в один день, а бульдозера в інший? - Просто перенесіть контролер на іншу машину.

Система Leica PowerGrade просто модернізується і повністю розширюється від базової 2D до повної 3D системи.

Автоматичний контроль ухилу і перевищення

Leica PowerGrade 3D відкриває новий вимір в земляних роботах і профілювання. 3D система поміщає проектну поверхню і реальне вирівнювання доріг прямо на контролер в кабіну оператора. Виключається будь-яка залежність від геодезичних пікетів, струн або ротаційних лазерів. Тепер можна працювати незалежно і з максимальною точністю в будь-якому місці проектною поверхні з керуванням GPS системою або роботизованим тахеометром.

Використання 3D вирівнювання економить матеріали, продовжує термін служби техніки і забезпечує надання більш якісного кінцевого результату.

додаткові переваги

- Безконтактний герметичний контролер - більше ніяких конекторів і кабелів.
- Повністю графічний дисплей для орієнтування оператора.
- Проста інсталяція, яка займає не більш одного дня і мінімізує час простою машини.
- Автоматичне управління бічним зміщенням з використанням унікальної технології Tri-Sonic. Робота безпосередньо від базової лінії (струни) або бордюру.
- Автоматичне вимкнення живлення при знятті контролера. Всі настройки машини зберігаються в док-станції.
- Повністю водозахищена система - розроблена спеціально для важких умов на будівництві.

Залежно від розв'язуваних завдань існує три основні різновиди рішень: 1D система Leica PowerBlade - автоматична робота в одній площині (просто витримування певного рівня або ухилу робочого елемента) 2D система Leica PowerGrade 2D - робота в похилій площині (установка перевищення та ухилу,

робота в площині з подвійним ухилом). 3D система Leica PowerGrade 3D - автоматична установка перевищення та ухил з урахуванням положення і напрямку руху машини. Leica PowerGrade володіє максимальною для свого сегменту гнучкістю конфігурації, тобто може працювати в різних режимах (1D, 2D, 3D), використовуючи різні комбінації датчиків (лазерні приймачі, у / з датчики, датчики ухилу, датчики зсуву і повороту), тим самим забезпечуючи саме той режим робіт, який оптимальний виконавцю, крім цього сумісна з найширшим спектром техніки.

Однією з унікальних особливостей системи PowerGrade від Leica Geosystems є функція автоматичного бокового зміщення. У цьому випадку положення леза щодо базової лінії (струни, бордюру) встановлюється автоматично в час руху, використовуючи при цьому свої власні датчики з технологією TriSonic, що дозволяють максимально точно орієнтуватися на опорний об'єкт. Звідси знову ж - зменшення втоми оператора, спрощення виконання робіт для менш досвідченого персоналу і загальне підвищення точності. Використання 3D датчиків (GPS і відбивачів з роботизованим тахеометром) дозволяє з максимальною точністю і в реальному часі встановлювати бічний зсув відвала навіть при поворотах (рис. 8.3) (тобто при роботі з непрямолінійними ділянками).

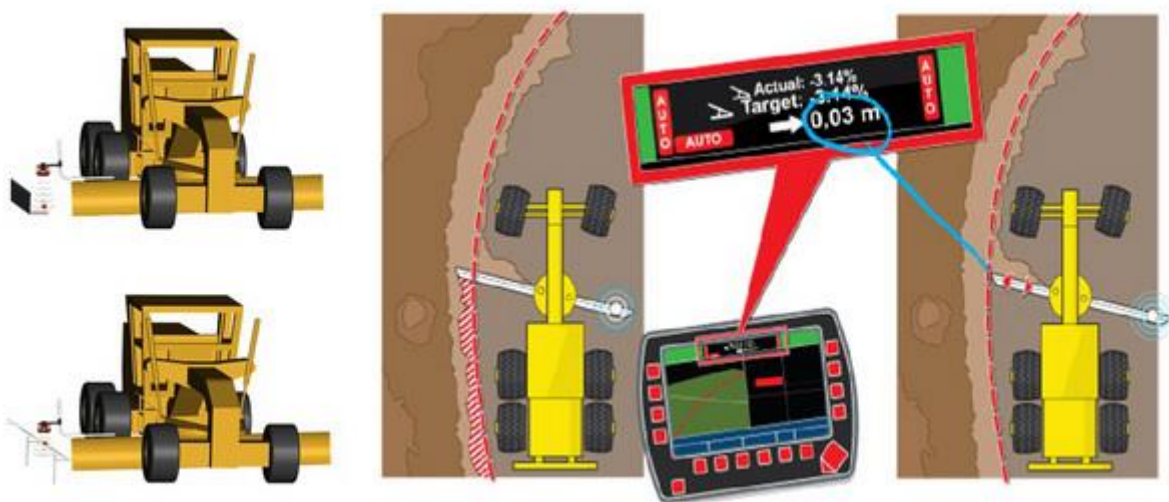


Рисунок 7.3 - Програмно-апаратний комплекс Leica PowerGrade для грейдерів і бульдозерів на повороті

Переваги, одержувані завдяки використанню системи Leica PowerGrade:

- Виняток переробок. Вся робота виконується точно і з першого проходу.

Звідси: мінімізація геодезичного забезпечення, виключення перевірок після кожного проходу;

- Підвищення рентабельності за рахунок економії матеріалів. Точне виконання вирівнювання виключає необхідність перевитрати матеріалів покриття надалі для досягнення потрібного результату;

- Автоматичне управління робочим елементом значно скорочує помилки через людського фактора і знижує втому оператора;

- Економія часу на майданчику. Там де раніше йшло час на прохід, геодезичну перевірку, повторний підхід і повторну перевірку, все виконується з першого разу, тобто за мінімально можливий часовий проміжок;

- Економія палива. Один з найважливіших факторів, знову ж витікає з мінімізації роботи техніки на ділянці;

- Поліпшення якості і точності поверхні безпосередньо забезпечує загальну якість майбутнього елемента інфраструктури (дороги, ж / д смуги, ВПП і.т.д.).

Програмно-апаратний комплекс Power Digger для екскаваторів

Система загалом являє собою набір датчиків (рис. 7.4), розташованих на кожній рухомій частини екскаватора (датчики положення секцій стріли та положення ковша, а також датчик положення корпусу екскаватора) і контролера, який спільно обробляє свідчення від всіх датчиків і графічно зображує поточне положення роботи. Також система може оснащуватися додатковими датчиками (локаційним для виявлення комунікацій і додатковим датчиком ухилу, якщо ківш може працювати в режимі подвійного ухилу).

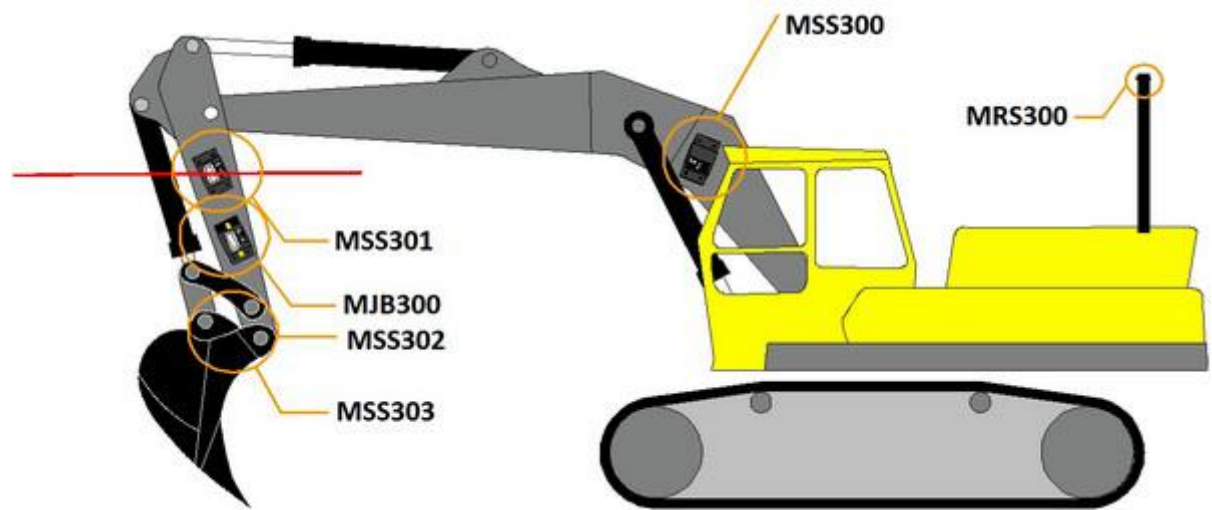


Рисунок 7.4 - Програмно-апаратний комплекс Leica PowerDigger для екскаваторів

Датчики базової системи. Кутовий датчик MSS300. Може бути використаний як датчик стріли, рукояті або ковша. Зазвичай він використовується тільки як датчик стріли. Кутовий датчик MSS 301 з лазерним приймачем: Навіщо встановлювати два різних датчика, коли функції обох можна об'єднати в одному? MSS 301 є комбінованим: лазерним датчиком і датчиком кута стріли. Він компактний і просто встановлюється в будь-якому місці. MSS 302 360°.

Цей датчик встановлюється на ковші. Його робочий діапазон дорівнює 360°. Малі розміри дозволяють встановити його в захищеному місці, щоб запобігти пошкодженню датчика і кабелю.

Система датчиків. В основі роботи датчиків системи PowerDigger лежить принцип гравітації. Технологія та програмне забезпечення датчиків були розроблені і введені в дію в 1996. З тих пір датчики удосконалювалися, і зараз на ринку представлені найбільш точні і чутливі рішення. Надійність. Всі датчики і кабелі вологозахищені. Допустимо занурення під воду на глибину до 20 м - таким чином, немає необхідності в дорогому спеціальному обладнанні для донних екскаваторів. Завдяки використанню CAN шини установка відбувається значно швидше. Тому всі датчики поставляються зі спеціальними пластинами з простим кріпленням для швидкої установки. Звичайний час

установки і калібрування для базових систем - менше трьох годин.

Додатки в залежності від типу рішення:

- 1D системою можна здійснювати стандартні завдання (траншеї, базові земляні роботи, просте вирівнювання);

- 2D система надає рішення розширених завдань (режим вирівнювання як бульдозер / грейдер, робота з комплексними профілями, робота під водою и.т.д);

- 3D системи передбачає вирішення всіх просунутих завдань, включаючи комплексне вирівнювання, ландшафтний дизайн, робота на непідготовлених поверхнях і.т.д.

Основні переваги системи Power Digger:

- Встановлюється на будь екскаватор;
- Максимально оптимізує раскопчному роботи (мінімізуються надлишкові і недостатні роботи);

- Мінімізується кількість персоналу (потрібен тільки оператор);
- Знижуються витрати на винос проектів в натуру;
- Підвищується продуктивність (мін. дремя, точний результат, менший знос техніки);

- Максимальна точність - 1см;

- Простота у використанні;

- Високий ступінь захищеності (IP68) - робота в бруду і під водою.

Шукач підземних комунікацій (рис.7.5) – прилад для визначення планового і висотного положення підземних комунікацій, який ґрунтується на принципі індукції (низько- та високочастотної, вихрової), аномалометрії та акустики.



Рисунок 7.5 - Шукач підземних комунікацій

Під землею, як правило, зосереджена велика кількість різноманітних підземних комунікацій. Отримання точної інформації про їх становище абсолютно необхідно до початку виїмки ґрунту. Виробник робіт цілком і повністю несе відповідальність за пошкодження комунікацій. Два способи пасивний і активний:

При пасивному (спосіб наведених струмів) способі за допомогою трубокабелешукачів виявляється змінне магнітне поле, що існує навколо токонесящих кабелів. Виявляються електрокабелі і металеві труби неглибокого закладення. Особливо на забудованих територіях де багато блукаючих струмів.

При активному способі навколо відшуковуються підземних комунікацій створюється штучне магнітне поле. Для цього крім трубокабелешукачів необхідний генератор електромагнітного поля звукової частоти.

Вимірюючи аномалію електромагнітного поля, можна визначити місце розташування підземної пустоти, трубопроводу, каналу і ін. Похибка визначення планового та висотного положення і глибини для різних модифікацій приладу становить 0,1 – 0,3 м. Використовуючи цей метод, створені також прилади, якими можна аналізувати профіль місцевості з підземними комунікаціями, записувати їх у пам'яті комп'ютера та видавати профіль на дисплей або плотер.

Безпілотні літаючі апарати:

1. Безпілотні аерофотознімальні вертольоти Aibotix X6 (рис. 7.6)

представляють собою нове покоління літаючих роботизованих вимірників для широкого спектру завдань (від індустріальної інспекції до завдань повітряного картографування).



Рисунок 7.6 - Безпілотні аерофотознімальні вертольоти Aibotix X6

Поєднання надійного дизайну, сучасних мультироторних технологій, роботизованості, простоти використання і широкого ряду додаткових датчиків надає великі перспективи використання:

- **Індустріальна інспекція** - інспекція високовольтних силових ліній, програмований шлях польоту для безпечного моніторингу або детектування місця перегріву сонячних акумуляторних панелей. Aibotix X6 надає неперевершений рівень безпеки в поєднанні з балансом продуктивності;

- **Картографування** - Aibotix X6 - це необхідний помічник у багатьох картографічних завданнях. Завдяки найсучаснішим технологіям сфери безпілотної техніки можливо в найкоротші терміни здійснювати постобробку, отримувати ортофотоплани, моделі поверхонь або 3D моделі. Навіть без попередніх навичок польотів;

- **Фотограмметрія** - будь це завдання зйомки, розвідки або реагування на надзвичайні ситуації - завдяки унікальній вбудованій камери Aibotix X6 виходять знімки з необхідною перспективою і якістю.

2. Аерофотознімальний комплекс GeoScan 101

Аерофотознімальний комплекс GeoScan 101 (рис. 7.7) призначений для

оперативного отримання ортофотопланів, матриць висот і 3D-моделей місцевості та окремих об'єктів. Комплексна технологія призначена для разового або періодичного моніторингу об'єктів великої площі або протяжності (трубопроводи, кар'єри, відвали, будівельні майданчики).



Рисунок 7.7 - Аерофотознімальний комплекс GeoScan 101

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які лазерні вимірювальні прилади використовуються у будівництві?
2. Які переваги можна отримати завдяки використанню систем Leica PowerGrade та Leica PowerDigger?
3. Поясніть призначення гіроскопічного обладнання?
4. Як безпілотні літаючі апарати можуть використовуватися у будівництві?

Бібліографічний список

1. Бочко О.І., Рій І.Ф., Біда О.Ю. Будова та перевірка цифрового нівеліра SOUTH DL-202. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Електронні геодезичні прилади» для студентів з напрямку підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». Львів 2013 -20 с.
2. Бочко О.І., Рій І.Ф., Біда О.Ю., Харачко М.В. Будова, структура та функції головного меню електронного тахеометра Leica TCR 405 Ultra. Методичні рекомендації для виконання лабораторної роботи з дисципліни «Електронні геодезичні прилади» для студентів напрямку підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». Львів: 2013. – 32 с.
3. Ващенко В., Літинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя: [навч. посіб.] – 3-тє вид. / – Львів: Євросвіт, 2009. – 208 с.
4. Геодезичний енциклопедичний словник. / За ред. Володимира Літинського – Львів: Євросвіт, 2001. – 668 с.
5. Гофманн-Велленгоф Б. Ліхтенеггер Г., Колінз Д. Глобальна система визначення місцеположення (GPS): Теорія і практика. / Переклад з англ. мови за ред. Акад. НАНУ Я.С. Яцківа, - К.: Наукова думка, 1996. – 380 с.
6. Електронний нівелір Leica Sprinter 150 M
URL:http://www.tequipment.net/pdf/Leica/Leica_Sprinter_datasheet.pdf
7. Електронний нівелір South DL-202 Посібник користувача.
8. Електронний тахеометр LEICA TCR 405 ULTRA Посібник користувача
URL: www.leica-geosystems.com
9. Електронний тахеометр **SOUTH NTS-352 R**. Посібник користувача.
10. Євдокімов А.А. Електронні геодезичні прилади: текст лекцій для студентів денної та заочної форм навчання напрямку підготовки 6.080101 – Геодезія, картографія та землеустрій Харків : ХНУМГ ім.О. М. Бекетова, 2016. – 64 с
11. Задемленюк А.В. Використання технології кінематики в реальному часі (RTK) для розв’язання прикладних задач геодезії : автореф. дис. канд. техн.

наук, Львів, 2011. – 26 с.

12. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М.: Недра, 1990. – 174 с.

13. Інструкція з користування електронним тахеометром Sokkia серії SET 610. URL: <http://www.sokkia.net/eu-index.html>

14. Костецька Я. М. Геодезичні прилади. Частина II. Електронні геодезичні прилади: підручник для студентів геодезичних спеціальностей вузів. – Львів : ІЗМН, 2000. - 324 с.

15. Ланьо О.В. Савчук С.Г. Дослідження точності RTK-вимірювань у мережі референцних станцій. *Вісник геодезії та картографії*. 2012. № 4 (79). С. 8-13.

16. Літинський В.О., Перій С.С., Гайдюк Б.П ., Рій І.Ф. Тахеометричне знімання електронним тахеометрами Sokkia серії SET 610 в ручному режимі. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». Львів 2010 -24 с.

17. Літинський В.О., Перій С.С., Гайдюк Б.П ., Рій І.Ф. Тахеометричне знімання електронним тахеометрами Sokkia серії SET 610 в автоматичному режимі. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». Львів 2010 -32 с.

18. Літинський В.О., Перій С.С., Гайдюк Б.П ., Рій І.Ф.Перевірка та підготовка до роботи електронного тахеометра Sokkia SET 610. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». Львів 2010 -24 с.

19. Літинський В.О., Перій С.С., Гайдюк Б.П., Рій І.Ф. Будова електронного тахеометра Sokkia SET 610, Sokkia SET 610K. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій».

Львів 2010 -32 с.

20. Літинський В.О., Рій І.Ф. Виконання нівелювання IV-III класу цифровими нівелірами. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». 2015. – 16 с.

21. Літинський В.О., Рій І.Ф. Віват А.Й. Будова, перевірка та експлуатаційні дослідження точних оптичних теодолітів і приладь що використовуються для вимірювань кутів в мережах згущення. Методичні рекомендації для виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» Львів: 2015. – 48 с.

22. Літинський В.О., Рій І.Ф. Тахеометричне знімання електронним тахеометром Sokkia SET 610 у ручному режимі. Методичні рекомендації для виконання лабораторної роботи з дисципліни “Геодезія” для студентів напряму підготовки 6.080101 “Геодезія, картографія та землеустрій”. Львів: 2015. – 16 с.

23. Літинський В.О., Рій І.Ф. Тахеометричне знімання електронним тахеометром Sokkia SET 610 у режимі запису. Методичні рекомендації для виконання лабораторної роботи з дисципліни “Геодезія” для базового напрямку 6.080101 “Геодезія, картографія та землеустрій” освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”. Львів: 2015. – 24 с.

24. Лук’яненко М. Кривовяз А., Орел О. Можливості використання супутникової апаратури вітчизняного виробника в геодезичних роботах. *Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва*. Львів, 2001. С. 74-78.

25. Мацко П.В. Голубев А.М. Введення в геотроніку: навч. посібник – Херсон : ХДУ, 2006.–100 с.

26. Навігаційно-геодезичний центр офіційний дистриб’ютор Leica Geosystems в Україні. [Електронний ресурс]: – Режим доступу : <http://ngc.com.ua/>

27. Островський А. Л., Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія : [підручник.] – Ч. 2. / – Львів : Вид-во нац. Ун-ту "Львівська політехніка",

2007.

28. Перій С.С., Рій І.Ф. Цифровий нівелір DiNi 22. Цифровий електронний нівелір Leica Sprinter 200M. Методичні рекомендації для виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». Львів 2012 -44 с.

29. Порицький Г. О., Новак Б. І., Рафальська Л. П. Геодезія: підручник /– К.: Арістей, 2007.

30. Рій І.Ф. Переписування та опрацювання результатів електронного тахеометричного знімання із тахеометра у персональний комп'ютер. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». Львів 2013 -12 с.

31. Рій І.Ф., Бочко О.І., Біда О.Ю. Будова електронного тахеометра SOUTH NTS352R(L). Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Електронні геодезичні прилади» для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Львів: 2020. – 32 с.

32. Рій І.Ф., Літинський В.О. Робота з цифровим нівеліром SOUTH DL-202. Методичні рекомендації для виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів з напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій». Львів 2014 -32 с.

33. Рій І.Ф. Будова перевірка та дослідження оптичних нівелірів та шашкових рейок, які використовуються для нівелювання IV і III класів. Методичні рекомендації з дисципліни «Геодезія» для проведення лабораторних робіт з спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Львів: 2018. – 32 с.

34. Рій І.Ф., Біда О.Ю. Переписування даних з електронного тахеометра Sokia серії SET на персональний комп'ютер. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Геодезія» для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Львів: 2019. – 24 с.

35. Рій І.Ф., Бочко О.І., Біда О.Ю. Електронний тахеометр SOUTH NTS 352R(L). Кутові та лінійні вимірювання. Перевірка тахеометра. Методичні

рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Електронні геодезичні прилади» для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Львів: 2020. – 32 с.

36. Савчук С.Г. Проблемні питання під час використання сучасних супутникових технологій визначення координат *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». — 2007. — Вип. 69. — С. 20 – 33.

37. Сайт мережі ZAKPOS режим доступу <http://zakpos.zakgeo.com.ua/>

38. Цюпак І.М. Точність визначення координат пунктів і довжин ліній за сесіями GPS-спостережень різної тривалості *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. Львів: Видавництво Львівської політехніки. - 2012. - Вип. I (23).-С. 57-59.

39. Черняга П.Г. Бялик І.М., Янчук Р.М.. Супутникова геодезія. Навч. посібник, 2-ге вид., без змін – Рівне: НУВГП, 2014. – 222 с.

40. Шануров Г.А. Мельников С. Р. Геотроника. Наземные и спутниковые радиоэлектронные средства и методы выполнения геодезических работ : Учебн. пособие / – Москва : ЧПП «Репрография» МИИГАиК, 2001. – 136 с.

41. Шевченко Т. Г. Мороз О .І., Тревого І. С Геодезичні прилади : [підручник] / за ред. Т. Г. Шевченка. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2006. – 464 с.

42. Шевченко Т. Г., Мороз О. І., Тревого І. С. Геодезичні прилади : [практикум] / за заг. ред. Т. Г. Шевченка. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2007.

43. Шумаков Ф.Т. Супутникова геодезія. Конспект лекцій. Харків: ХНАМГ., 2009. – 88с.