

Миле Варошлиески, д-р. геод. инж.

ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОДЕТСКИ ПОДЛОГИ

учебник за II година за градежно - геодетска струка,
профил геодетски техничар
второ издание

Скопје, 2013

Издавач: МИНИСТЕРСТВО ЗА ОБРАЗОВАНИЕ И
НАУКА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
ул. Мито Хаџивасилев Јасмин, бб
Скопје

Рецензенти: Д-р Лазо Димов, дипл. геод. инж.
М-р Ванчо Стојановски, дипл. геод. инж.
Виктор Соколовски, дипл. геод. инж.

Лектор: Сузана Стојковска

Обработка на слики: Миле Варошлиески, дипл. геод. инж.
Васил Мишковски, геод. инж.
Александар Постоловски, геод. инж.

Насловна страна: Миле Варошлиевски, дипл. геод. инж.

Печати: Графички центар доел, Скопје

Тираж: 52

Со решение на Министерот за образование и наука на Република Македонија
бр. 22-4310/1 од 28.07.2010 година се одобрува употребата на овој учебник

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека
"Св.Климент Охридски", Скопје

528(075.3)

ВАРОШЛИЕСКИ, Миле

Геодезија и геодетски подлоги : учебник за II година за
градежно-геодетска струка, профил геодетски техничар / Миле Варошлиески. - 2. изд. -
Скопје : Министерство за образование и наука на Република Македонија, 2010. - 359
стр. : илустр. ; 24 см

Библиографија: стр. 157. - Содржи и: Прилози

ISBN 978-608-226-260-4

COBISS.MK-ID 84270858

СОДРЖИНА

| | |
|--|----|
| 1. Општи поими | 1 |
| 1.1. Историски развој на геодезијата | 1 |
| 2. Координати и координатни системи | 6 |
| 2.1. Правоагли координати и правоаголен координатен систем | 7 |
| 2.1.1. Дефиниција и пресметување на насочните агли | 9 |
| 3. Стандарди за мерења | 16 |
| 3.1. Основни единици за должина | 16 |
| 3.2. Основни единици за површина | 18 |
| 3.3. Основни единици за агли | 18 |
| 3.4. Претворање на вредностите на аглите од едни мерни единици во други | 20 |
| 3.4.1. Претворање на агловните единици од сексагезимална во центизимална поделба и обратно | 20 |
| 3.4.2. Претворање на агловните единици од центизимални или сексагезимални во радијани и обратно | 22 |
| 4. Геодетски прибор | 23 |
| 4.1. Прибор за мерење на должини | 23 |
| 4.1.1. Опис и употреба на приборот | 23 |
| 4.1.2. Висок, значка и триножник | 24 |
| 4.1.3. Полска и рачна лента | 26 |
| 4.2. Прибор за мерење на агли | 28 |
| 4.2.1. Статив | 28 |
| 4.2.2. Визурни маркици и призми | 29 |
| 4.3. Прибор за мерење на висински разлики | 30 |
| 4.3.1. Нивелмански летви | 30 |
| 4.3.2. Нивелмански папучи | 33 |
| 5. Теорија на грешки | 34 |
| 5.1. Мерење | 34 |
| 5.2. Услови и точност на мерењата | 35 |
| 5.3. Грешки во резултатите на измерените големини | 36 |
| 5.3.1. Видови на грешки во резултатите на измерените големини | 37 |
| 5.3.1.1. Случајни грешки | 38 |
| 5.3.1.2. Систематски грешки | 40 |
| 5.4. Оцена на точноста на резултатите од мерењата | 45 |
| 5.4.1. Просечна грешка | 45 |

| | |
|---|-----|
| 5.4.2. Веројатна грешка | 46 |
| 5.4.3. Средна квадратна грешка..... | 47 |
| 5.4.4. Релативна грешка..... | 50 |
| 5.4.5. Гранични грешки (дозволени отстапувања) | 52 |
| 5.5. Средна грешка на функцијата на мерени големини | 54 |
| 5.5.1. Средна грешка на функција со една мерена големина..... | 54 |
| 5.5.2. Средна грешка на функцијата збир на две мерени големини | 56 |
| 5.5.3. Средна грешка на функцијата збир на повеќе мерени големини | 58 |
| 5.6. Израмнување на резултатите од директните мерења | 59 |
| 5.6.1. Потребата и целта на израмнувањето на резултатите од мерењата | 59 |
| 5.6.2. Израмнување на резултатите на директни мерења со еднаква точност | 61 |
| 5.6.3. Израмнување на резултатите од директните мерења со различна точност..... | 71 |
| 6. Мерење на должини | 84 |
| 6.1. Мерење на должини со лента..... | 84 |
| 6.1.1. Профил на теренска должина | 85 |
| 6.1.2. Мерење на должини..... | 86 |
| 6.1.3. Записник за мерење на должини..... | 90 |
| 6.1.4. Поправки при мерењето на должини | 91 |
| 7. Геодетски инструменти | 98 |
| 7.1. Теодолит и неговите составни делови | 98 |
| 7.1.1. Мерење на агли..... | 98 |
| 7.1.2. Опис на теодолитот | 100 |
| 7.2. Положбени винтови..... | 102 |
| 7.3. Либела | 102 |
| 7.3.1. Цевчеста либела..... | 102 |
| 7.3.2. Осетливост на либелата..... | 106 |
| 7.3.3. Центрична (сферна) либела | 108 |
| 7.3.4. Испитување и ректификација на либелата | 108 |
| 7.3.5. Мрзливост на либелата..... | 110 |
| 7.3.6. Набљудување на меурот на либелата | 111 |
| 7.4. Дурбин..... | 114 |
| 7.4.1. Кончаница..... | 115 |
| 7.4.2. Кончанична паралакса..... | 116 |

| | |
|---|-----|
| 7.4.3. Окуларна леќа | 119 |
| 7.4.4. Карактеристики на дурбинот | 119 |
| 7.5. Лимб..... | 122 |
| 7.6. Алхидада..... | 123 |
| 7.7. Справи за читање..... | 125 |
| 7.7.1. Нониус | 126 |
| 7.7.2. Микроскоп со цртичка | 129 |
| 7.7.3. Микроскоп со скала од цртички | 131 |
| 7.7.4. Микроскоп со нониус | 134 |
| 7.7.5. Микроскоп со оптички микрометар | 134 |
| 7.8. Визирање | 145 |
| 7.9. Ректификација на теодолитот | 147 |
| 7.10. Грешки при мерење на аглите..... | 158 |
| 7.10.1. Ексцентрицитет на алхидадината оска..... | 159 |
| 7.10.2. Ексцентричност на визурната рамнина..... | 162 |
| 7.11. Центрирање на теодолитот | 165 |
| 7.11.1. Центрирање со обичен висок | 165 |
| 7.11.2. Центрирање со крут висок..... | 166 |
| 7.11.3. Центрирање со оптички висок | 168 |
| 8. Мерење на хоризонтални агли..... | 172 |
| 8.1. Проста метода | 173 |
| 8.2. Гирусна метода..... | 174 |
| 8.3. Грешки при мерењата | 180 |
| 8.3.1. Грешки на работните услови..... | 180 |
| 8.3.2. Лични грешки на операторот | 181 |
| 9. Мерење на вертикални агли | 183 |
| 9.1. Вертикален агол и зенитско растојание | 183 |
| 9.2. Инструменти за мерење на вертикални агли (зенитни растојанија)..... | 185 |
| 9.3. Услови на инструментите со либела | 193 |
| 9.3.1. Теодолити со проста цевчеста либела..... | 193 |
| 9.3.2. Теодолити со реверзиона либела..... | 196 |
| 9.3.3. Теодолити без либела на дурбинот | 198 |
| 9.4. Теодолити со компензатори..... | 201 |
| 9.4.1. Компензатор со течноста кај инструментите од фирмата Wild T1 – A..... | 202 |
| 9.4.2. Компензатор со течноста кај инструментите од фирмата Kern | 204 |
| 9.4.3. Компензатор со федер кај инструментите од фирмата Zeiss од Јена | 206 |

| | |
|---|-----|
| 9.5. Мерење на вертикални агли..... | 209 |
| 9.5.1. Проста метода за мерење на вертикални агли | 209 |
| 9.5.2. Гирусна метода за мерење на вертикални агли | 210 |
| 10. Полигонска мрежа..... | 213 |
| 10.1. Основни поими | 213 |
| 10.2. Класификација на полигонската мрежа | 215 |
| 10.3. Проект и рекогносцирање на полигонска мрежа | 216 |
| 10.4. Видови и типови на белеги за полигонски точки | 221 |
| 10.5. Вкопување (поставување) на белеги | 224 |
| 10.6. Броеви на полигонски точки | 227 |
| 10.7. Опис на местоположбата на полигонските точки | 228 |
| 10.8. Мерења во полигонска мрежа..... | 229 |
| 10.8.1. Мерење на полигонски страни | 229 |
| 10.8.2. Авторедукционен далечиномер | 235 |
| 10.8.3. Фазен начин на мерење на должини | 237 |
| 10.8.4. Мерење на агли во полигонска мрежа | 243 |
| 10.8.5. Извори на грешки | 244 |
| 10.8.6. Дозволени отстапувања | 248 |
| 10.9. Елаборат на полигонска мрежа | 249 |
| 10.9.1. Скица на полигонска мрежа | 249 |
| 10.9.2. План за пресметување на полигонска мрежа | 251 |
| 10.9.3. Регистар на полигонски влаци..... | 252 |
| 10.9.4. Општ регистар | 253 |
| 11. Нивелманска мрежа | 254 |
| 11.1. Нивелманска страна, влак и мрежа..... | 255 |
| 11.2. Рекогносцирање на нивелманската мрежа..... | 256 |
| 11.3. Белеги – репери..... | 257 |
| 11.4. Стабилизација на нивелманските репери | 259 |
| 11.5. Нумерирање на реперите | 260 |
| 11.6. Опис и положба на реперите | 260 |
| 11.7. Методи за одредување на висински разлики..... | 260 |
| 11.7.1. Геометриски нивелман..... | 261 |
| 11.7.2. Поделба на геометрискиот нивелман..... | 263 |
| 11.7.3. Генерален нивелман | 263 |
| 11.7.4. Мерење на висински разлики во генералниот нивелман..... | 265 |
| 11.8. Нивелмански инструменти..... | 269 |
| 11.8.1. Нивелмански инструменти со либела | 269 |
| 11.8.2. Нивелири со автоматско хоризонтирање на визурата... .. | 281 |
| 11.8.3. Електронски нивелири..... | 286 |

| | |
|--|-----|
| 11.9. Постапка на нивелирање кај техничкиот нивелман..... | 287 |
| 11.9.1. Врска на нивелманот со репер | 289 |
| 11.9.2. Тек на нивелирањето..... | 290 |
| 11.9.3. Прекинување на работата | 292 |
| 11.10. Извори на грешки при нивелирањето..... | 293 |
| 11.10.1. Влијанието на закривеноста на Земјата..... | 293 |
| 11.10.2. Влијанието на нехоризонталноста на визурата..... | 296 |
| 11.10.3. Влијанието на невертикалноста на летвата..... | 297 |
| 11.10.4. Влијанието на закривеноста на летвата | 299 |
| 11.10.5. Грешка заради временските прилики..... | 299 |
| 12. Геодетски писма | 301 |
| 13. Геодетски планови..... | 303 |
| 13.1. Постапка за изработка на планови | 303 |
| 13.1.1. Содржина на плановите | 303 |
| 13.1.2. Материјали за изработка на геодетски планови | 304 |
| 13.2. Поделба на детални листови | 309 |
| 13.2.1. Поделба на тригонометриски секции | 309 |
| 13.2.2. Поделба на листови на план во размер 1 : 5000 | 311 |
| 13.2.3. Поделба на детални листови во размер 1 : 2500..... | 312 |
| 13.2.4. Поделба на детални листови во размер 1 : 2000..... | 313 |
| 13.2.5. Поделба на детални листови во размер 1 : 1000..... | 314 |
| 13.2.6. Поделба на детални листови во размер 1 : 500..... | 315 |
| 13.3. Топографски клуч..... | 317 |
| 13.3.1. Видови на топографски знаци | 317 |
| 13.3.2. Видови на условни знаци | 318 |
| 13.3.3. Употреба на топографски клуч | 320 |
| 13.4. Координатна мрежа..... | 322 |
| 13.4.1. Намена и изглед на координатната мрежа | 322 |
| 13.4.2. Изработка на координатна мрежа | 326 |
| 13.4.3. Контрола на изработка на координатна мрежа | 336 |
| 13.4.4. Нанесување на геодетски точки | 337 |
| 13.4.5. Контрола на положбата на геодетските точки на планот | 340 |
| 13.4.6. Искртување на координатната мрежа, геодетските точки и останатите испишувања..... | 341 |
| 14. Систем за глобално позиционирање (GPS) | 344 |
| 14.1. Основно за GPS | 344 |
| 14.2. Кој е крив за постоењето GPS? | 344 |
| 14.3. Компоненти на системот | 346 |
| 14.4. Иднината на GPS | 348 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| 14.5. Принцип на работа | 349 |
| 14.5.1. Кодни мерења | 350 |
| 14.5.2. Фазни мерења..... | 352 |
| 14.6. Фото галерија..... | 353 |
| Литература | 357 |
| Прилози..... | 359 |

1. ОПШТИ ПОИМИ

Геодезијата е наука која се занимава со премер на земјиштето со цел изработување на геодетски подлоги (*геодејски планови* или *карти*) за одделно подрачје, за територијата на една земја, континент или целата Земјина топка. Геодетските подлоги се изработуваат врз основа на податоците прибрани на теренот со различни инструменти и различни методи на работа.

Во геодезијата се мерат *агловни* и *линеарни* големини, а со нивната понатамошна обработка се доаѓа до различни податоци како што се правоаглите координати и надморските висини на точките.

1.1. ИСТОРИСКИ РАЗВОЈ НА ГЕОДЕЗИЈАТА

За почеток на геодезијата се смета развивањето на геометријата уште во времето на античките народи. Првите големи водни системи во *Месопотамија*, како и регулацијата на реката Нил сигурно биле направени врз база на некои знаења за мерењата, а во денешно време за таквите мерења не постојат никакви пишани документи. Со излевањето на реката Нил се поплавувала целата околина оставајќи плодноносен талог, кој обезбедувал добар род на производите кои ќе се засадат. Но, пред да се пристапи кон сеењето, било потребно повторно да се обележат поплавените граници на соодветните имоти на оданочените сопственици. Разграничувањето можело да се оствари само со помош на геометријата. Од тие причини во Египет е развиена геометријата како неопходна практична наука.

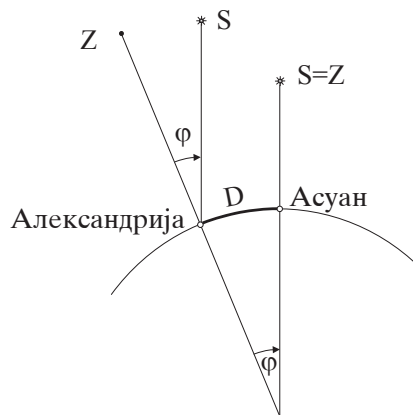
Всушност, геодезијата е развиена како практична геометрија, односно поради практични потреби од премерување на земјиштето.

Името геодезија потекнува од грчките зборови $\gamma\epsilon\omicron\sigma$ (*геос* – земја) и $\delta\epsilon\zeta\iota\sigma$ (*дезис* – поделба), што во превод значи поделба на земјата.

Сé до појавата на *Пиѿагoра* се сметало дека Земјата има форма на рамна плоча која е опкружена со мориња и океани. Со набљудувањето на бродовите како се губат на хоризонтот Питагора претпоставил дека Земјата има облик на топка, што покасно го потврдил и *Арисѿоиѿел*.

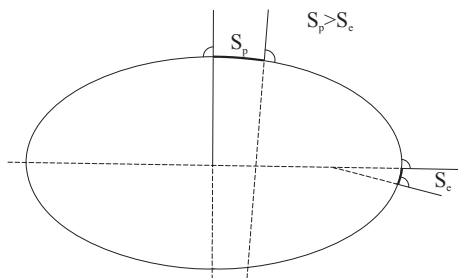
Со сознанието дека Земјата има облик на топка голем број научници почнале да ги одредуваат нејзините димензии.

Познатиот александриски геодет *Ераѿосѿен* има забележано дека во летниот период во *Асуан* Сонцето се гледа во бунар додека во *Александрија*, која се наоѓа северно од Асуан, оваа појава не ја забележал. Тоа значи дека тогаш во Асуан Сонцето било во зенитот (сл. 1.1.). Со помош на доста примитивна справа (*скафијан*) го измерил аголот φ во Александрија меѓу правецот на Сонцето и зенитот. Аголот φ изнесувал $1/50$ од полниот круг, па го одредил и растојанието меѓу тие два града кое изнесувало $S=5000$ *стади* (*стадија* – единица за мерка на должина за која денес не се знае никаков податок), како и обемот на Земјата кој изнесувал 250000 стадии.



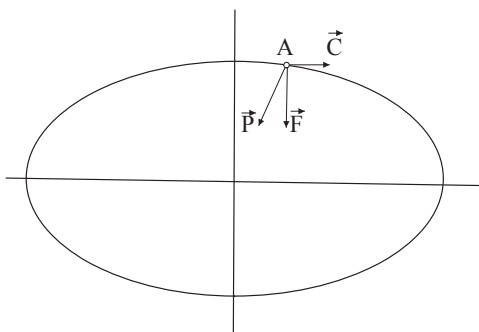
Сл. 1.1. Тојкаѿа како можен облик на Земјата.

Сé до XVII век се сметало дека Земјата има облик на топка. *Исак Њуѿн* прв констатирал дека Земјата нема облик на топка, туку користејќи ја теоријата на привлекување на телата, претпоставил дека Земјата има облик на *ротационен елипсоид* (сл. 1.2.). Ротационен елипсоид е тело кое настанува со ротација на елипсата околу својата мала оска.



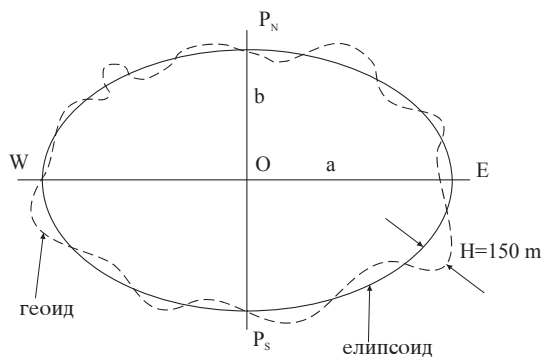
Сл. 1.2. Елипсоидоид како можен облик на Земјата.

Доаѓајќи до сознание дека Земјата има облик на ротационен елипсоид, Француската академија на науки испраќа две експедиции, една што поблиску до екваторот, во Перу, додека втората што поблиску до Северниот Пол во Лапландија. Врз основа на мерењата докажано е дека на еден степен географска ширина во близина на полот одговара поголема должина на лакот на меридијанот отколку на екваторот. Со овие податоци се потврдило дека Земјата е сплескана на половите, а издолжена на Екваторот. Со тоа научно е потврдена Њутновата теорија за обликот на Земјата.



Сл. 1.3. Нивовска површина.

Во тоа време должините на лаките ги мереле во повеќе држави, на различни географски ширини, и врз основа на измерените вредности требало да се најдат најточните вредности за димензиите на Земјата. Со други зборови, се јавил проблем со израмнување на резултатите на извршените мерења.



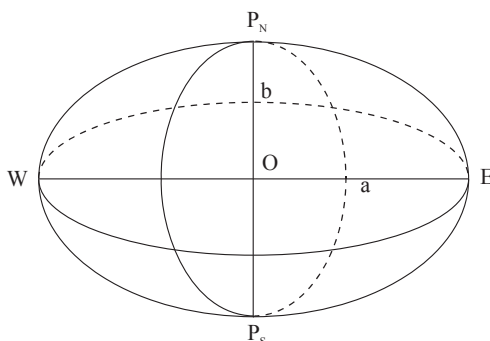
Сл. 1.4. Геоид.

Гаус во 1809 година ја поставил основната теорија за израмнување на извршените мерења со условот збирот на квадратот на поправките на мерените вредности да биде минимален. Теоријата на израмнување што ја дефинирал Гаус сè уште се применува при математичката обработка на резултатите на мерените големини во геодезијата.

Познавајќи ја хипотезата за настанувањето на Земјата може да заклучиме дека со ротирањето околу Земјината оска на ротација, на секоја точка која се наоѓа на Земјата ѝ делуваат две сили, и тоа: *центрипетална сила*, која точката ја привлекува кон центарот на Земјата, и *центрифугална сила* која точката ја оддалечува од оската на ротација. Центрифугалната сила на половите е еднаква на нула, а се зголемува одејќи кон екваторот каде нејзината вредност е најголема. Под дејство на центрифугалната сила и центрипеталната сила површината на хомогената течна маса зазема таква положба која е нормална во секоја точка на насоката на нивната резултанта а тоа е нивовска површина (сл. 1.3.). Со текот на времето, периферниот дел на вжештената течна маса постепено се ладел, доаѓало до вулкански ерупции и земјотреси со што се формирала Земјината кора. Нејзината надворешна страна се вика физичка површина на Земјата (ФПЗ).

Дебелината на Земјината кора не е секаде иста и не е секаде со иста густина. Затоа Земјата има облик на *геоид* (сл. 1.4.), чија површина изгледа како благо забранувана површина на елипсоидот. Нивните површини приближно се поклопуваат. Одовде може да заклучиме дека геоидот има облик на неправи-

лен елипсоид и не може математички да го дефинираме. Кога површината на идеално мирните мориња и океани би се подложила под копното, би се добил геоидот.



Сл. 1.5. Ротационен елипсоид.

Бидејќи геоидот е тело со геометриски неправилен облик, при обработката на податоците во геодезијата, тој се заменува со геометриски правилно тело, кое по облик најмногу му одговара, а тоа е *ротациониот елипсоид*.

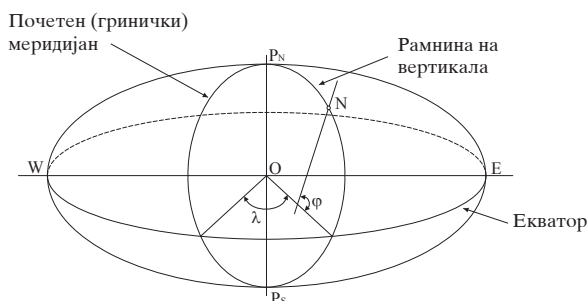
Малата оска на елипсоидот b се поклопува со оската на Земјината ротација, додека големата оска a лежи во рамнината на екваторот (сл. 1.5.). За решавање на геодетските задачи потребно е да се знаат обликот и димензиите на Земјата, односно димензиите на ротациониот елипсоид.

Врз основа на мерењата, за секое подрачје може да се одреди ротационен елипсоид кој за тоа подрачје најдобро ќе се прилагоди со геоидот. Таквиот ротационен елипсоид се вика *референтен елипсоид*. Врз основа на горе споменатото постои само *еден референтен елипсоид* (кој сè уште не е одреден), а има *повеќе референтни елипсоиди*. Со одредување на димензиите на референтниот елипсоид се занимавале повеќе научници во различно време и за различни подрачја. Во повеќето земји во Европа, па и кај нас се користи *Беселовиот елипсоид* со следниве карактеристики:

- голема полуоска $a = 6\,377\,397,155\text{ m}$
- мала полуоска $b = 6\,356\,078,963\text{ m}$
- сплесканост $f = \frac{a-b}{a} = 1:299,15281$.

2. КООРДИНАТИ И КООРДИНАТНИ СИСТЕМИ

Положбите на точките врз елипсоидот се одредуваат со *географската ширина φ* и *географската должина λ* (сл. 2.1.). Тоа се *аголни големини* со помош на кои се одредува положбата на точките на Земјината површина во однос на екваторот, односно почетниот меридијан.



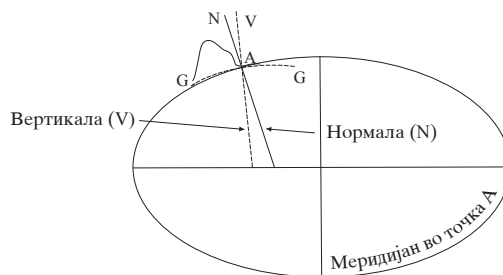
Сл. 2.1. Географски координати.

Географските координати (φ, λ) според начинот на одредување може да бидат *астрономски* и *геодејски*.

Географска ширина (φ) е агол што го зафаќа вертикалата, односно нормалата во дадена точка со рамнината на екваторот, мерен во рамнината на меридијанот. Географските ширини имаат вредност од 0° до 90° северно и јужно од екваторот, при што северните вредности се сметаат за позитивни, а јужните за негативни.

Географска должина (λ) претставува аголот што го зафаќа рамнината на почетниот (гринички) меридијан со рамнината на вертикалата, односно нормалата во дадена точка, мерен во рамнината на екваторот. Географските должини се пресметуваат од 0° до 180° источно и западно од почетниот меридијан, при што источните имаат позитивни вредности, а западните имаат негативни вредности.

Астрономските географски координати се однесуваат на вертикалата, а, пак, геодетските географски координати се однесуваат на нормалата во соодветната точка на елипсоидот (сл. 2.2.).



Сл. 2.2. Нормала и вертикала во дадена точка.

Вертикала (V) претставува правец во кој дејствува силата на Земјиното забрзување. Таа е нормална на нултата нивовска површина со која е дефиниран *Земјиниот геоид*.

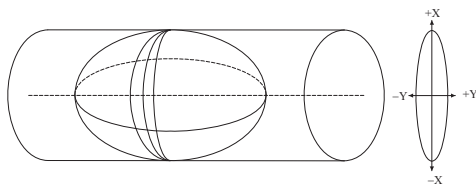
Нормала (N) во дадена точка на елипсоидот претставува правец нормален на рамнината на елипсоидот во таа точка. Сите нормали ја сечат малата оска на елипсоидот.

2.1. ПРАВОАГЛИ КООРДИНАТИ И ПРАВОАГОЛЕН КООРДИНАТЕН СИСТЕМ

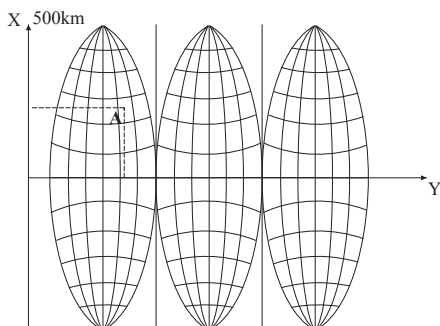
Прикажувањето на Земјината површина од ротациониот елипсоид на геодетските подлоги се врши со постапка наречена *пресликување*. Притоа, точките од елипсоидот, како двојно закривена површина, прво се пресликуваат на некоја едноставно закривена површина (конус, цилиндар) (сл. 2.3.), а потоа истата површина ја развиваме во рамнина.

За нашата земја пресликувањето на точките од елипсоидот во рамнина извршено е според Гаус–Кригеровата проекција, која е конформна, попречно цилиндрична со пресликување на делови на Земјината површина на елиптични цилиндри, и тоа: во зони од по 3° географска должина (сл. 2.4.).

Секоја зона добива свој број, почнувајќи од гриничкиот меридијан кон исток, така што нашата држава се наоѓа во 7-та зона, со допирен цилиндар на средниот меридијан, чија географска должина изнесува 21° источно од почетниот меридијан.

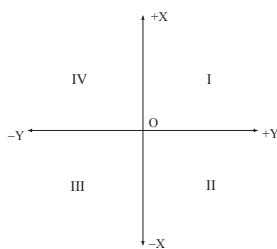


Сл. 2.3. Пресликување на елипсоид во цилиндрична површина Гаус-Криџерова проекција.



Сл. 2.4. Зони во Гаус-Криџеровата проекција.

Со тоа се дефинира и правоаголниот координатен систем за пресликување на територијата на нашата земја во рамнина. Проекцијата на 21-от меридијан, источна географска должина, преставува X оска, со позитивна насока кон север, а проекцијата на екваторот е усвоена како Y оска, со позитивна насока кон исток. Оските X и Y се сечат во координатниот почеток (точка O) и го делат просторот на четири квадранти (сл. 2.5.).



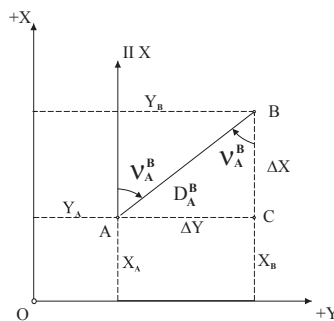
Сл. 2.5. Правоаголен координатен систем во Гаус-Криџерова проекција.

Во така дефинираниот координатен систем за нашата земја, координатите по оската X имаат позитивни вредности, а координатите по оската Y имаат негативни вредности. Со цел, да се избегнат негативните вредности по оската Y, на координатниот почеток е додадена вредноста од 500000,00 m (Баумгартов предлог). Кај вредноста за Y оската, за секоја точка треба да стои бројот на координатниот систем, па така за сите точки во нашата земја пред вредноста на Y координатите стои бројот 7, бидејќи припаѓаат на 7-от координатен систем. Така на пример: координатите за една геодетска точка се $\overset{\Delta}{\text{Q}}22$ (Y=7589123,48; X=4647908,57).

2.1.1. Дефиниција и пресметување на насочните агли

Насочниот (дирекциониот) агол ν_A^B од точката A до точката B (се чита „ни“ од A на B) се дефинира како агол кој го зафаќа правецот кој е паралелен со X оската во точката A, со правецот дефиниран со точките A и B (сл. 2.6.) во насока на движењето на стрелките на часовникот (позитивна насока).

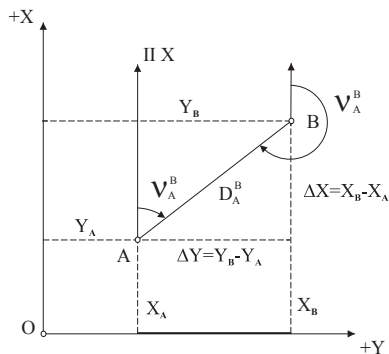
Нека се дадени координатите на точките A (Y_A, X_A) и B (Y_B, X_B). Во тој случај се бара насочниот агол ν_A^B и должината на страната \overline{AB} (сл. 2.7.).



Сл. 2.6. Насочен агол.

Во правоаголниот координатен систем (YOX), должината \overline{AB} е хипотенуза на правоаголниот триаголник ΔABC (сл. 2.7.),

а катети претставуваат координатните разлики на точките А и В, кои ги пресметуваме на следниов начин:



Сл. 2.7. Координатни разлики и насочен агол.

$$\Delta Y_A^B = Y_B - Y_A \quad \text{и} \quad (2.1.)$$

$$\Delta X_A^B = X_B - X_A. \quad (2.2.)$$

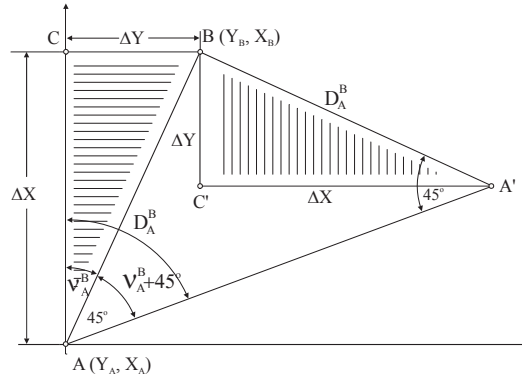
Количник на спротивната и налегнатата катета на триаголникот ΔABC (сл. 2.6.) претставува тангенс на насочниот агол ν_A^B и се пресметува како:

$$\operatorname{tg} \nu_A^B = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{\Delta Y_A^B}{\Delta X_A^B}. \quad (2.3.)$$

Вака пресметаната вредност на насочниот агол треба да се провери {да се изврши контрола на пресметувањето (сл. 2.8.)} со помош на следнава релација:

$$\operatorname{tg}(\nu_A^B + 45^\circ) = \frac{\Delta X_A^B + \Delta Y_A^B}{\Delta X_A^B - \Delta Y_A^B}. \quad (2.4.)$$

За вредноста на бараната должина меѓу точките А и В постојат повеќе релации кои ќе ги наведеме, и тоа: кога ја пресметуваме должината со помош на насочниот агол и координатните разлики. Од правоаголниот триаголник ΔABC (сл. 2.7.) имаме:



Сл. 2.8. Контрола за насочен агол.

$$\sin v_A^B = \frac{\Delta Y_A^B}{D_{A,B}} \Rightarrow D_{A,B} = \frac{\Delta Y_A^B}{\sin v_A^B}, \quad (2.5.)$$

$$\cos v_A^B = \frac{\Delta X_A^B}{D_{A,B}} \Rightarrow D_{A,B} = \frac{\Delta X_A^B}{\cos v_A^B}, \quad (2.6.)$$

како и

$$D_{A,B} = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2},$$

$$D_{A,B} = \sqrt{(\Delta Y_A^B)^2 + (\Delta X_A^B)^2}. \quad (2.7.)$$

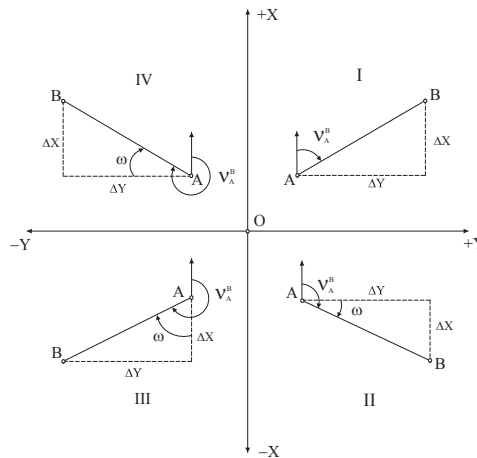
Од дефиницијата за насочниот агол произлегува дека неговата вредност се наоѓа во границите од 0° до 360° ($0^\circ \leq v \leq 360^\circ$), односно во зависност од положбата на должината во координатниот систем. При ова можеме да заклучиме дека насочниот агол може да биде во сите четири квадранти, па неговото пресметување ќе зависи од тоа во кој квадрант се наоѓа должината \overline{AB} . Квадрантот на насочниот агол се дефинира со предзнаците на координатните разлики ΔY и ΔX . Пресметувањето на насочните агли, согласно предзнаците на координатните разлики, може да се види во табела 2.1.

При пресметувањето на насочниот агол може да видиме дека тој се состои од два дела (сл. 2.9.): првиот дел е аголот ω добиен врз основа на количникот $\Delta Y/\Delta X$ а вториот дел од

заокружената вредност (0° , 90° , 180° и 270°) која се додава на аголот ω , во зависност од квадрантот.

Табела 2.1.

| квадрант | I | II | III | IV |
|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| коор. разлики | ($0^\circ-90^\circ$) | ($90^\circ-180^\circ$) | ($180^\circ-270^\circ$) | ($270^\circ-360^\circ$) |
| $\Delta Y = Y_B - Y_A$ | + | + | - | - |
| $\Delta X = X_B - X_A$ | + | - | - | + |
| ν | ω | $\omega + 90^\circ$ | $\omega + 180^\circ$ | $\omega + 270^\circ$ |



Сл. 2.9. Насочен агол претставен во сите квадранти.

Пресметувањето на насочниот агол и должината меѓу две точки во различни квадранти ќе го прикажеме со неколку примери.

Пример 2.1: Пресметајте го насочниот агол ν_{360}^8 и должината меѓу точките $\text{A}360(58074.12; 85403.57)$ и $\text{B}8(58204.36; 85414.62)$.

Решение:

$$\Delta Y = Y_{360} - Y_8 = 130.24$$

$$\Delta X = X_{360} - X_8 = 11.05$$

$$\text{tg}\omega = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \Rightarrow \omega = \text{arctg}11.786425$$

$$\nu_{360}^8 = \omega = 85^\circ 09' 02''$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta Y > 0 \\ \Delta X > 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I \text{ квадрант} \\ 0^\circ < \nu < 90^\circ \end{array} \right.$$

$$\omega = 85^\circ 09' 02''$$

Контрола на насочниот агол:

$$\operatorname{tg}(\omega + 45^\circ) = \frac{\Delta X + \Delta Y}{\Delta X - \Delta Y} \quad \omega + 45^\circ = \operatorname{arctg} -1.185418$$

$$\omega = 130^\circ 09' 02'' - 45^\circ \quad \nu_{360}^8 = \omega = 85^\circ 09' 02''$$

$$D_{360-8} = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2} = 130,71m$$

Контрола за должината:

$$D = \frac{\Delta Y}{\sin \nu_{360}^8} = \frac{\Delta X}{\cos \nu_{360}^8} = 130,71m .$$

Пример 2.2: Пресметајте го насочниот агол ν_8^9 и должината меѓу точките $\odot 8$ (58204.36; 85414.62) и $\odot 9$ (58402.50; 85398.49).

Решение:

$$\begin{aligned} \Delta Y &= Y_9 - Y_8 = 198.14 & \Delta Y > 0 \\ \Delta X &= X_9 - X_8 = -16.13 & \Delta X < 0 \end{aligned} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{II квадрант} \\ 90^\circ < \nu < 180^\circ \end{array} \right.$$

$$\operatorname{ctg} \omega = \frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|} \Rightarrow \omega = \operatorname{arccctg} 12.285803 \quad \omega = 4^\circ 39' 12''$$

$$\nu_8^9 = \omega + 90 = 94^\circ 39' 12'' .$$

Контрола на насочниот агол:

$$\operatorname{tg}(\omega + 45^\circ) = \frac{\Delta X + \Delta Y}{\Delta X - \Delta Y} \quad \omega + 45^\circ = \operatorname{arctg} -0.849442$$

$$\omega = 139^\circ 39' 12'' - 45^\circ \quad \nu_8^9 = \omega = 94^\circ 39' 12''$$

$$D_{8-9} = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2} = 198,80m$$

Контрола за должината:

$$D = \frac{\Delta Y}{\sin \nu_8^9} = \frac{\Delta X}{\cos \nu_8^9} = 198,80m .$$

Пример 2.3: Пресметајте го насочниот агол ν_{65}^{64} и должината меѓу точките $\hat{\odot} 65$ (59791.48; 85587.31) и $\odot 64$ (59696.03; 85510.48).

Решение:

$$\Delta Y = Y_{65} - Y_{64} = -95.45$$

$$\Delta X = X_{65} - X_{64} = -76.83$$

$$tg\omega = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \Rightarrow \omega = \text{arctg}1.242353$$

$$\nu_{65}^{64} = \omega + 180^\circ = 231^\circ 10' 07''$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta Y < 0 \\ \Delta X < 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{III квадрант} \\ 180^\circ < \nu < 270^\circ \end{array} \right.$$

$$\omega = 51^\circ 10' 07''$$

Контрола на насочниот агол:

$$tg(\omega + 45^\circ) = \frac{\Delta X + \Delta Y}{\Delta X - \Delta Y}$$

$$\omega = 130^\circ 09' 02'' - 45^\circ$$

$$D_{360-8} = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2} = 122,53m$$

$$\omega + 45^\circ = \text{arctg} -1.185418$$

$$\nu_{360}^8 = \omega = 85^\circ 09' 02''$$

Контрола за должината:

$$D = \frac{\Delta Y}{\sin \nu_{65}^{64}} = \frac{\Delta X}{\cos \nu_{65}^{64}} = 122,53m.$$

Пример 2.4: Пресметајте го насочниот агол ν_{66}^{37} и должината меѓу точките 66 (60060.53, 85016.03) и 37 (59930.85, 85134.36).

Решение:

$$\Delta Y = Y_{66} - Y_{37} = -129.68$$

$$\Delta X = X_{66} - X_{37} = 118.33$$

$$ctg\omega = \frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|} \Rightarrow \omega = \text{arcctg}1.095918$$

$$\nu_8^9 = \omega + 90 = 94^\circ 39' 12''$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta Y < 0 \\ \Delta X > 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{IV квадрант} \\ 180^\circ < \nu < 270^\circ \end{array} \right.$$

$$\omega = 42^\circ 22' 47''$$

Контрола на насочниот агол:

$$tg(\omega + 45^\circ) = \frac{\Delta X + \Delta Y}{\Delta X - \Delta Y}$$

$$\omega = 357^\circ 22' 47'' - 45^\circ$$

$$D_{360-8} = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2} = 175,55m$$

$$\omega + 45^\circ = \text{arctg} -2.620272$$

$$\nu_{66}^{37} = \omega = 312^\circ 22' 47''$$

Контрола за должината:

$$D = \frac{\Delta Y}{\sin \nu_{66}^{37}} = \frac{\Delta X}{\cos \nu_{66}^{37}} = 175,55m.$$

3. СТАНДАРДИ ЗА МЕРЕЊА

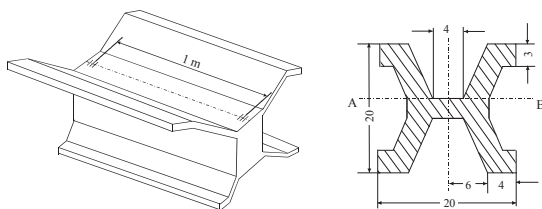
Во постапката на геодетските мерења се врши мерење на две големини: *должини* и *агли*. Мерењето на должината спаѓа во групата на *линеарни мерења*, додека, пак, мерењата на аглите спаѓаат во групата на *агловни мерења*.

3.1. ОСНОВНИ ЕДНИЦИ ЗА ДОЛЖИНА

До крајот на XVIII-тиот век во светот не постоеле еденици за изразување на вредностите на должините и најчесто како единици се користеле делови од човечкото тело, како што се: палец, стапало, лакт или некои други вредности како што се: *шоаз*, *јард*, *аршин* и др. Секоја држава имала своја мерка за должина, па дури и некои поголеми градови во тие држави имале свои мерки за должина како што се: *париски фај*, *виенски фај*, *пруски фај* и други.

По завршувањето на Француската револуција, кон крајот на XVIII-тиот век, воведен е единствен систем на мерните единици, со кој се изразуваат вредностите на линеарните големини. Како основна единица е усвоен *метарот* кој претставува четириесет милионити дел од меридијанот.

Денкерк од Барселона направил метален линијар заострен на краевите со должина од еден метар, широчина од 25 mm и дебелина од 4 mm. Таквиот линијар се нарекува *архивски линијар* и се чува во Меѓународното биро за мерки и тегови во Севр, во близината на Париз. Меѓународното биро за мерки и тегови издало налог до сите земји, кои биле потписнички на Метарската конвенција, да им се направи по еден прототип на метар од легура на платина (90%) и иридиум (10%). Ваквата легура го има својството: да не ги менува своите димензии со текот на времето и со промените од времето. Прототиповите на метарот се изработени во вид на прачки со должина од 102 cm и со напречен пресек прикажан како на сл. 3.1.



Сл. 3.1. Надолжен и појречен пресек на прототипот на метар.

По должината на оската на прачката, на нејзината неутрална и полирана линија I – II и на меѓусебно растојание од 0,2 mm, се изгравирани паралелни цртички со чија замислена средина се дефинира оската на прототипот на метарот.

На краевите на прачката, на меѓусебно растојание од 0,5 mm, се нанесени три попречни цртички со дебелина од 8 μ m. Должината на прототипот на метарот се дефинира со растојанието меѓу средните напречни цртички, со мерење по оската на прачката при температура од 0° C.

Должината на сите изработени прототипови на линијари се споредени меѓусебно и со должината на архивскиот метар. Грешките во должините се помали од 0,2 μ m. Прототипот со број 6, кој ја имал најблиската вредност со архивскиот метар, е прогласен за меѓународен прототип и ја добил ознаката M. По добиениот меѓународен прототип, дефиницијата за метар гласи: Растојанието меѓу средните напречни цртички на меѓународниот прототип, мерено по оската на прачката при температура од 0° C, претставува еден метар.

Изведени единици од метар се:

а) помали единици од метар:

- дециметар 1dm = 0,1m;
- сантиметар 1cm = 0,01m;
- милиметар 1mm = 0,001m;

б) поголеми единици од метар:

- декаметар 1dkm = 10 m;
- хектометар 1hm = 100 m;
- километар 1km = 1000 m.

3.2. ОСНОВНИ ЕДИНИЦИ ЗА ПОВРШИНА

Мерните единици за површина се изведени единици од мерните единици за должина. Единица за површина во метарскиот систем на мерни единици е квадратен метар (m^2).

Помали единици од квадратниот метар се:

- квадратен дециметар $1dm^2 = 0,01m^2$;
- квадратен сантиметар $1cm^2 = 0,0001 m^2$;
- квадратен милиметар $1mm^2 = 0,000001 m^2$.

Поголеми единици од квадратниот метар се:

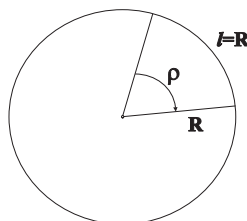
- ар (1 а) = $100 m^2$;
- хектар (1 ha) = $100 a = 10000 m^2$;
- квадратен километар ($1 km^2$) = $1000000m^2$.

3.3. ОСНОВНИ ЕДИНИЦИ ЗА АГЛИ

За мерење на агли се користат единици кои претставуваат соодветни делови од кружниот лак како што се:

- радијан (лачна единица);
- степен (стара подела);
- гон или градус (нова подела).

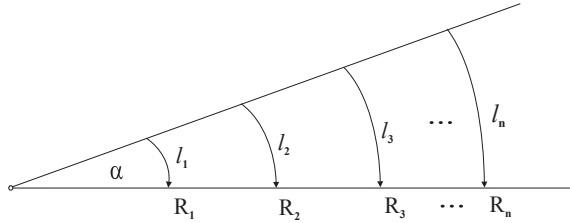
Во согласност со Меѓународниот систем на мерни единици и тегови (SI), основна единица за мерење на агли во рамнина е радијан ($1rad = \frac{1m}{1m} = 1$). Радијан е централен агол ρ чија должина на лакот е еднаква со должината на радиусот (сл. 3.2).



Сл. 3.2. Радијан.

За константен агол α , односот на лакот и соодветниот радиус останува непроменет (сл. 3.3.):

$$\frac{l_1}{R_1} = \frac{l_2}{R_2} = \frac{l_3}{R_3} = \dots = \frac{l_n}{R_n} = \text{const} = \alpha.$$



Сл. 3.3. Константни агол.

За единична мерка на мерење на агли во SI е земен еден радијан, односно агол за кој односот меѓу лакот и радиусот е еднаков на единица ($l : R = 1 = \rho$).

Кај нас повеќе се употребува старата поделба (сексагезимална) во која основна единица за мерење на агли е еден степен. *Сџејен* е централен агол кој одговара на тристотини и шеесеттиот дел од обемот на полниот круг ($1^\circ = 60'$, $1' = 60''$).

Во повеќе земји во светот се користи новата (центизимална) или градусна поделба. Во неа основна единица за мерење на агли е *градус* или *гон*. Градус е централен агол кој одговара на четиристотиниот дел од обемот на полниот круг ($1^{gr} = 100^c$, $1^c = 100^{cc}$).

Градусната поделба е прилагодена на декадниот броен систем и е мошне погодна за користење на сметачките машини, што не е случај кај сексагезималната поделба. По секои 100 единици на помалата мерна единица, самата сметачка машина (за единица) го зголемува мерниот број на претходната мерна единица. Агловната вредност на 46 градуси, 25 градусни минути и 88 градусни секунди може да ја означиме како:

$$46^{gr} 25 88 \text{ или } 46^{gr} 25^c 88^{cc} \text{ или } 46,^{gr} 2588.$$

Бидејќи обемот на кругот е $2R\pi$, а радиусот изнесува R , на една полна кружница (централен агол од 360° или 400^{gr}) одговара равенката:

$$\frac{2R\pi}{R} = 2\pi \text{ radijani} = 2\rho\pi = 360^\circ = 400^{gr}. \quad (3.1.)$$

Бидејќи вредноста на π изнесува 3,14159265359..., од равенката (3.1.) може да се пресмета вредноста на радијанот во степени:

$$\rho^\circ = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{180}{\pi} = 57,^\circ 295780$$

$$\rho' = \rho^\circ \cdot 60 = 3438'$$

$$\rho'' = \rho' \cdot 60 = 206265'',$$

или во градуси:

$$\rho^{gr} = \frac{400^{gr}}{2\pi} = \frac{200^{gr}}{\pi} = 63^{gr},661977$$

$$\rho^c = \rho^{gr} 100 = 6366^c 20$$

$$\rho^{cc} = \rho^c 100 = 636620^{cc}.$$

3.4. ПРЕТВОРАЊЕ НА ВРЕДНОСТИТЕ НА АГЛИТЕ ОД ЕДНИ МЕРНИ ЕДИНИЦИ ВО ДРУГИ

Повеќе пати е потребно агловната поделба од едни единици да се пресмета во други. На пример, аглите се мерени во центизимална поделба, а за понатамошна обработка на мерењата ни е потребна сексагезималната поделба.

3.4.1. Претворање на агловните единици од сексагезимална во центизимална поделба и обратно

За пресметување од едни агловни единици во други ги користиме следните равенки:

$$360^\circ = 400^{gr} \qquad 90^\circ = 100^{gr} \qquad (3.2.)$$

$$\begin{aligned}
 1^{\circ} &= \frac{10}{9} \cdot 1^{gr} & 1^{gr} &= \frac{9}{10} \cdot 1^{\circ} & (3.3.) \\
 1' &= 1^c 85185 & 1^c &= 32'',4 \\
 1'' &= 3^{cc} 08642 & 1^{cc} &= 0'',324.
 \end{aligned}$$

Постапката за пресметувањето ќе ја прикажеме низ два конкретни примери.

Пример 3.1: Аголот $\alpha = 149^{\circ} 56' 28''$, да се изрази во центизимални единици.

Решение:

$$\alpha = 149^{\circ} 56' 28''$$

$$28'' : 60 = 0',467$$

$$56',467 : 60 = 0^{\circ} 94111$$

$$\alpha^{\circ} = 149^{\circ},94111$$

$$\alpha^{gr} = \frac{10}{9} \cdot 149^{\circ},94111 = 166^{gr},60123$$

$$\alpha^{gr} = 166^{gr} 60^c 12^{cc} = 166^{gr},6012.$$

Пример 3.2: Аголот $\alpha = 175^{gr} 96^c 76^{cc}$, да се изрази во сексагезимални единици.

Решение:

$$\alpha = 175^{gr} 96^c 76^{cc}$$

$$\alpha = 175^{gr},9676$$

$$\alpha^{\circ} = \frac{9}{10} \cdot 175^{gr},9676 = 158^{\circ},37084$$

$$0,37084 \times 60 = 22',2505$$

$$0,2505 \times 60 = 15''$$

$$\alpha^{\circ} = 175^{\circ} 22' 15''.$$

3.4.2. Претворање на агловните единици од центизимални или сексагезимални во радијани и обратно

Агловните вредности можат да се изразат во радијани ако нивните единици се изразени во сексагезимални или центизимални единици на поделбата. За таквото пресметување ги користиме следните равенки:

$$\alpha = \frac{\alpha^{\circ}}{\rho^{\circ}} = \frac{\alpha'}{\rho'} = \frac{\alpha''}{\rho''} \text{ - за степени, или}$$

$$\alpha = \frac{\alpha^{gr}}{\rho^{gr}} = \frac{\alpha^c}{\rho^c} = \frac{\alpha^{cc}}{\rho^{cc}} \text{ - за градуси.}$$

Постапката на пресметување ќе ја објасниме низ следните примери.

Пример 3.3: Аголот $\alpha = 34^{\circ}15'26''$, изразете го во радијани.

Решение:

$$\alpha = 34^{\circ}15'26''$$

$$26'' : 60 = 0.433$$

$$15',433 : 60 = 0,25722$$

$$\alpha = 34^{\circ},25722$$

$$\alpha_{rad} = \frac{34^{\circ},25722}{57^{\circ},29578} = 0,597901.$$

Пример 3.4: Аголот $26^{gr} 67^c 89^{cc}$, изразете го во радијани.

$$\alpha^{gr} = 26^{gr} 67^c 89^{cc} = 26^{gr},6789$$

$$\alpha_{rad} = \frac{26^{gr},6789}{63^{gr},66198} = 0.419071.$$

4. ГЕОДЕТСКИ ПРИБОР

Геодезијата е наука која се занимава со премер на земјиштето со цел изработување на геодетски подлоги (планови или карти) за одделно подрачје, за територијата не една земја, континент или целата Земјина топка.

Во геодезијата се мерат агловни и линеарни големини, а со нивна понатамошна обработка се доаѓа до различни податоци како што се правоаглите координати и надморските висини на точките кои ги користиме за изработка на геодетските подлоги. Геодетските подлоги се изработуваат врз основа на податоците прибрани на теренот со различни инструменти и различни методи на работа.

Во зависност од точноста со која треба да се изработи геодетската подлога се применуваат соодветни методи на мерење. Како основно средство за мерење служат разни геодетски инструменти кои се употребуваат во геодезијата, а се избираат во зависност од големините кои ќе се мерат. Покрај геодетските инструменти се користи и останат геодетски прибор кој го опслужува работењето на инструментите. Кои геодетски инструменти и прибор ќе се употребат, зависи од методата на мерење, како и од точноста која сакаме да ја постигнеме во процесот на мерењето.

Геодетскиот прибор е доста разновиден и е неопходен во процесот на геодетските мерења кои се изведуваат на физичката површина на Земјата.

4.1. ПРИБОР ЗА МЕРЕЊЕ НА ДОЛЖИНИ

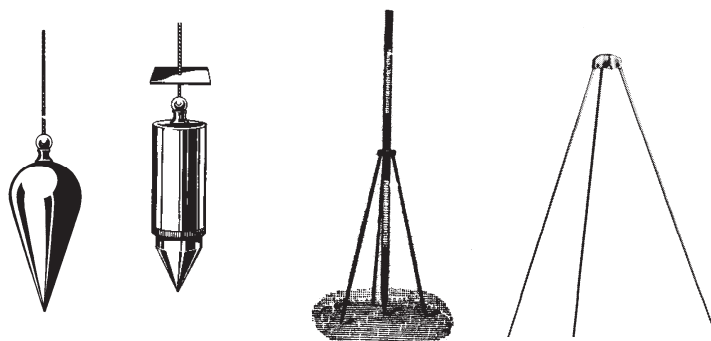
4.1.1. Опис и употреба на приборот

Во приборот за директно мерење на должини спаѓаат: висок, крут висок, значки, метален триножник, полска лента, рачна лента, клинови бројачи и алка.

4.1.2. Висок, значка и триножник

За поставување на значката во вертикална положба, како и за центрирање на инструмент или воопшто за материјализирање на правецот на вертикала се користи *висок*.

Високот е метално тело со тежина од 100 до 200 g со облик на вртимушка (чигра) (сл. 4.1.). Долниот дел на високот е со конусен облик, а горниот дел е во облик на цилиндар. На горниот дел на високот има отвор низ кој е провлечен конец со дебелина од 1 до 2 mm и должина 1 – 2 m. Конецот може да биде обичен или плетен конец.



Сл. 4.1. Висок, значка и триножник.

За сигнализирање на точките и нивно лесно воочување на теренот се користат *значки*.

Значката е прибор кој служи за сигнализирање на точките на теренот. Таа се прави од дрвени стапови со цилиндричен облик, со должина 2 – 4 m и дијаметар 2 – 4 cm, или со метална навлака заострена при врвот во облик на конус. За полесно воочување на теренот, значките се наизменично обоени со црвена и бела (мрсна) боја. Должината на црвените и белите полиња на значката изнесува најчесто 20 – 50 cm. Дрвото од кое се прави значката треба да биде право и отпорно на влажност. Освен дрвените значки се користат и метални значки со дијаметар 1 – 2 cm.

На терен со тврда подлога (асфалт, бетон, камен) и на точките кои се стабилизирани со камени белези, не е можно да се

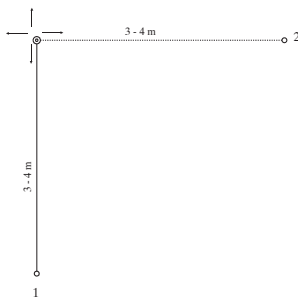
забие значката. Затоа, на таков терен за поставување на значката во вертикална положба се користи метален *триножник* со должина од 1 m. Триножникот на горниот дел има метален прстен со дијаметар поголем од дијаметарот на значката за таа да може да се провлече низ прстенот.

За прицврстување на значката во прстенот се користи соодветна навртка.

Значката може да се доведе во вертикална положба на следните два начини:

А) Со поставување на значка во терен

Значката ја поставуваме (забиваме) во теренот и од неа се оддалечуваме 3 – 4 m. Потоа со конецот на високот (кој слободно виси) се контролира дали значката со него е паралелна. Ако значката не е вертикална, се поправа со наведнување и едновремено притискање во подлогата (теренот). Кога сме ја доведе значката во паралелна положба со високот, гледајќи ја од местото 1 (сл. 4.2.), се преместуваме во местото 2, приближно под агол од 90° во однос на местото 1. Во положбата 2 на ист начин се доведува значката да биде паралелна со високот. Со тоа значката е доведена во вертикална положба.



Сл. 4.2. Доведување на значка во вертикална положба.

Б) Со поставување на значка во метален триножник

На тврда подлога значката се поставува во триножник и се доведува во вертикална положба на ист начин како и во случајот А. Ако значката не е паралелна со високот, истата се поставува со проширување или стеснување на нозете од треножецот сè додека не ги доведеме во паралелна положба: високот и значката. Во населени места наместо висок, како помошно

средство за остварување на вертикалата, може да се користат вертикалните рабови на високите згради.

4.1.3. Полска и рачна лента

Должините се мерат со помош на *полски и рачни ленти*.

Полската лента (сл. 4.3.) се изработува од челик и е најчесто со должина од 20, 25, 30 и 50 m, ширина 2 – 2,5 cm и дебелина 0,2 – 0,3 mm. Краевите на лентата завршуваат со метални алки (прстени) кои служат за затегнување на лентата во текот на работата. Преку целата своја должина лентата е поделена на метри и дециметри. Поделбите се од двете страни и можат да бидат во иста насока или и во две насоки. Почетната (нултата) и крајната црта на поделбата се обележани на почетокот и на крајот од челичната лента.



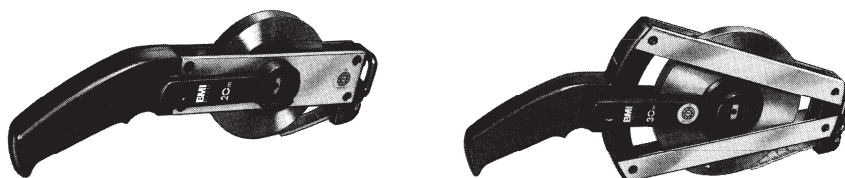
Сл. 4.3. *Полска лента*.

Заради заштита, полската лента по завршување на мерењето секогаш се чисти и брише од нечистотија, потоа се намачкува со масло и се навиткува на метална рамка (макара).

За мерење на пократки должини, полската лента е непрактична, па затоа таквите должини се мерат со *рачни ленти*.

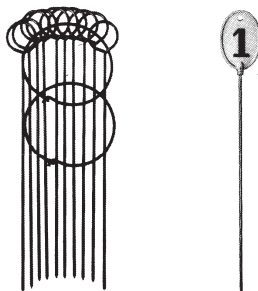
Должината на рачната лента најчесто изнесува 20, 30 и 50 m а широчината е 1 cm (сл. 4.4.). Оваа лента е разделена на метри, дециметри и сантиметри. Со бројни вредности на лентата се означени метрите и дециметрите, а во првиот дециметар и сантиметрите. Сантиметрите во првиот дециметар можат да бидат разделени и на милиметри. Поделбата на рачната лента може да биде обележана од едната или од двете страни, но и двете поделби се во иста насока. На одржувањето на рачната

лента се обрнува уште поголемо внимание, бидејќи полесно се оштетува.



Сл. 4.4. Рачна лентна ролета.

Во процесот на мерењето ако должината е подолга од една лента, на крајот на претходната лента се надоврзува наредната итн. Затоа е потребно да се означат краевите на лентите. За обележување на крајот на лентата се користат *клинови – бројачи* (сл. 4.5.). Тие се изработуваат од железни прачки со должина од 30 см и пречник 4 – 6 mm. Клиновите на едниот крај се заострени, а на другиот крај се во облик на прстен за да можат истите да се наредат на *алката*. Еден комплет на бројачи се состои од 10 клинови и 2 алки. Клиновите – бројачи го добиле своето име по тоа што служат за броење на целите ленти.

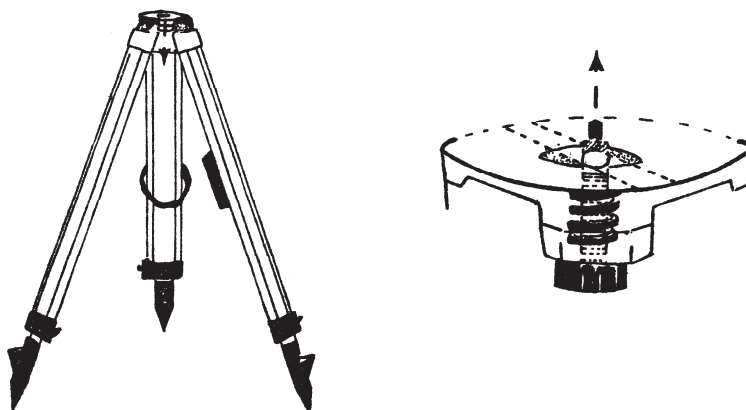


Сл. 4.5. Клинови бројачи и алка за клинови.

4.2. ПРИБОР ЗА МЕРЕЊЕ НА АГЛИ

4.2.1. Статив

Инструментот треба да биде над точката на висина од која лесно може да се вршат мерењата, така што лицето кое ги врши мерењата (оператор) стои во исправена положба или, пак, во малку поднаведната положба. Висина на инструментот се постигнува со помош на стативот (сл. 4.6.).



Сл. 4.6. Статив и глава на стативот.

Стативот има три дрвени ногалки кои завршуваат со заострени метални навлаки со кои полесно се прицврстува (забиваат) во теренот.

Должината на ногалките може да биде со фиксна или променлива должина на нив постојат винтови со кои можат да се постават на потребната должина.

Стативите со фиксна должина на ногалките имаат должина од 1,5 до 2,0 m, додека, пак, стативите со променлива должина можат да имаат должина од 1,0 до 3,0 m.

На горниот крај ногалките, со помош на одредени винтови, се зацврстуваат за главата на стативот. Главата на стативот е изработена од метал со рамна горна површина на која се поставува инструментот. Во средината на главата на стативот е на-

правен кружен отвор со дијаметар од 3 до 5 cm низ кој поминува централниот винт, кој го спојува инструментот со стативот.

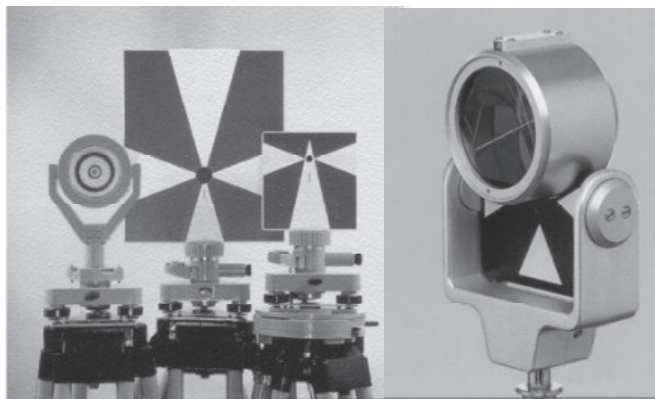
На долниот дел од централниот винт, се наоѓа кука на која се поставува крајот од високот за центрирање на инструментот (доведување на центарот на лимбот во вертикалата на точката).

4.2.2. Визурни маркици и призми

Кога се мерат хоризонтални правци и зенитни растијанија (вертикални агли) на точките на кои се врши визирање со поставуваат визурни маркици кои служат за прецизно визирање на сигналот. Визурните маркици најчесто одат во комбинација со призми кои пак служат како геодетски прибор за мерење на должини.

При мерењето на должини со помош на електрооптички далечиномери на точката која се визира се поставува призма која служи за да зракот кој е емитиран од инструментот се одбие од призмата и се врати повторно во инструментот. Призмите се составени од сложени системи од стаклени огледала и призми кои ги прекршуваат зраците кои стасуваат до призмите и при тоа ја менуваат насоката на движењето водеќи сметка да по прекршувањето физичките карактеристики на зракот останат непоромнети. Постојат разни видови на призми но на сл. 4.7. се прикажани само призмите од производителот Leica Geosystems.

Призмите на целните точки се поставуваат на постољиња со одреден тип на адаптер кои се прицврстуваат на стативи или пак на крути висоци кои пак на себе имаат центрична либела која служи за доведување на призмата во вертикална положба.



Сл. 4.7. Видови на визурни маркици и тризми (ѿиѿови на Leica).

4.3. ПРИБОР ЗА МЕРЕЊЕ НА ВИСИНСКИ РАЗЛИКИ

При нивелирањето, освен инструментите, се користи и друг помошен прибор (летви, папучи итн.).

4.3.1. Нивелмански летви

Во геометрискиот нивелман висинските разлики се одредуваат врз основа на извршените читања на поделбите на летвите при хоризонтална визура.

Нивелманските летви, наменети за изведување на техничкиот нивелман со зголемена точност, техничкиот нивелман и деталниот нивелман, се изработуваат од дрво, а поретко од алуминиум. Должината на летвата изнесува 3 – 4 m, со правоаголен пресек, ширина 8 – 10 cm. Летвите можат да се изработуваат од еден дел или со еден или два преклопа. Краевите на летвите се оковани, заради заштита на летвата од оштетување. Поделбата на летвата почнува од долната рамнина на оковот и оди непрекинато до врвот на летвата. Сантиметрите на поделбата се означени со црвено – бели или црно – бели полиња или црти. Секој дециметар е означен со број (сл. 4.8. и 4.9.).

Поделбата на летвата се чита со помош на средната црта на кончаницата и тоа така што се читаат дециметрите, се бројат

сантиметрите, а во внатрешноста на сантиметарот од око се одредуваат милиметрите. Бидејќи при нивелирањето се носат пар на летви, важно е да се земат летви со поделба која е изведена на ист начин и со иста боја. Со тоа ќе се постигне поголем ефект при нивелирањето и ќе се намали можноста за појава на груби грешки при читањето на поделбата на летвата. Попрактични се летвите со црно – бели или црвено – бели полиња, отколку оние со поделба изведена со цртчки. Дрвото од кое се изработуваат летвите мора да биде право и отпорно на влажност. Летвите најчесто се изработуваат од бор, а поретко од ела, јавор или јасен. За да не се искриви и деформира летвата, низ средината на летвата или, пак, по краевите се вметнува едно или две дрвени ребра. Заради заштита од влага летвата се премачкува со повеќе слоја на мрсна боја, а на крајот над белата подлога се нанесува поделбата на летвата на тој начин што над неа се поставува метален шаблон со изведена поделба и преку него се врши прскање на летвата со боја. По симнувањето на шаблонот летвата е со нанесена поделба. Контрола на нанесувањето на поделбата на летвата се врши со помош на контролен линијар. Пар на летви кои се носат на терен треба да имаат почетоци на иста оддалеченост од долната рамнина на оковот или на самата рамнина на оковот. Тоа се утврдува на тој начин што на точка која е оддалечена 10 – 20 m од нивелирот се чита поделбата на летвата, прво на едната, па на другата. Ако се добијат исти вредности на читањата, тогаш почетоците на поделбата на летвата им е ист. Во спротивно, за ова во текот на нивелирањето мора да се води сметка, така што висинската разлика меѓу две точки се одредува од парен број на станици.

За генералниот нивелман летвата мора да биде изработена од еден дел*, додека за детален нивелман може да се користи и летва со преклоп. Летвата во генералниот нивелман се држи во вертикална положба со помош на испитана и ректифицивана либела или со помош на конец на чиј крај е обесен висок кој е закачен на врвот на летвата. За да може летвата лесно и точно да се држи во вертикална положба, може да се користат две

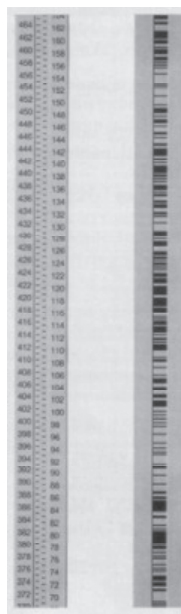
* На преклопот летвата при долга употреба се расклатува, па должината ѝ станува несигурна, а тешко е преклопот да се изведе летвата да биде права.

значки или два стапа со должина од 1,5 – 2,0 m. Со помош на нив летвата се потпира на две страни под агол од 90°, меурот на либелата се доведува да врвуну, односно се доведува летвата во вертикална положба, а потоа летвата и значката се стегнуваат со рака и се држат неподвижно. На тој начин летвата може многу долго да се држи во вертикална положба, без големо внимание и заморување.

При извршувањето на деталниот нивелман, летвата може да се држи со рака, а нејзината вертикалност да се проценува од око. За да се чита поделбата на летвата при нејзина приближно вертикална положба, потребно е таа да се клати во правецот на визурата кон инструментот и обратно, така што летвата да поминува низ вертикалната положба. Притоа низ дурбинот се следи промената на вредноста на читањето на поделбата на летвата и во записникот се запишува она читање кое при клатењето на летвата било најмало, затоа што од хоризонталната визура до точката на која летвата стои најкраткото растојание се добива ако се мери по вертикалата.



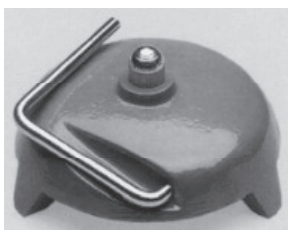
Сл. 4.8. Нивелмански лејви.



Сл. 4.9. Нивелмански лејви.

4.3.2. Нивелмански папучи

При нивелирањето летвата на врзните точки мора да стои на цврста и сигурна подлога за при ротацијата да не се промени нејзината положба. На калдрма или на каменеста подлога летвата се поставува на цврст, неподвижен, испапчен и тркалезен камен. На мека подлога нема такви камења, а некогаш и на калдрма не може да се најде погодно место. Затоа за држење на летвата на такви места, се користат метални подметнувачи-папучи (сл. 4.10.). Папучите се изработуваат од лиено железо со тежина од 4 – 6 kg и со форма како на сл. 4.10. На долниот дел на папучата се наоѓаат три ногалки како потпирачи, а на горниот дел се наоѓа излеен еден или два репера за поставување на летвата. Папучите со два репера ретко се користат, а се наменети за нивелирање преку двојни врзни точки. При нивелирањето на мека подлога, заради поголема стабилност на папучата, потребно е папучата да се пушти на терен така што да падне директно на ногалките од висина на 1 m, а потоа уште малку да се нагазне.



Сл. 4.10. Нивелманска папуча.

На мек и растресит терен, каде што папучите не обезбедуваат доволна стабилност на летвата, се забиваат железни клинови (сл. 4.11.). За да не се оштети горната површина на клинот при забивањето, на него се навлекува заштитна капа.



Сл. 4.11. Клинови.

5. ТЕОРИЈА НА ГРЕШКИ

Многу научни дисциплини се потпираат на експерименти кои се изведуваат во одредени комплекси на услови, па експериментот е основа за сознанијата на многу појави, а во геодезијата од него се добиваат информации за резултатот на мерените големини. Во секој случај, мерењата имаат многу голема улога. Мерењата кои ги извршуваме со цел за одредување на сознанијата за светот не се потполно точни, односно отстапуваат од вистинските вредности. Основните задачи на теоријата на грешките се:

- изучување на карактерот на грешките;
- воспоставување на дозволени отстапувања (критериуми на груби грешки);
- оптимално планирање на мерењата;
- одредување по веројатност на најточните вредности на мерените, односно бараните големини врз основа на повеќекратни мерења;
- оцена на точноста на конечните вредности на бараните вредности (оцена на точноста а постериори) врз основа на математичката обработка на мерењата.

5.1. МЕРЕЊЕ

Да се измери некоја физичка големина значи да се најде броен однос (мерен број) на физичката големина која се мери кон една усвоена единица на мерка (еталон). Физичките големини што во геодезијата најчесто се мерат се: должини, агли, висински разлики, температура, притисок, време итн. Процесот за нивното одредување се нарекува мерење.

5.2. УСЛОВИ И ТОЧНОСТ НА МЕРЕЊАТА

Во геодезијата, најчесто, физичките големини ги мерат различни *ојерајџори* (лица кои мерат) со различни инструменти притоа користејќи различни методи на работа и во различни временски услови. Мерењата се извршуваат на физичката површина на Земјата која, пак, е опкружена со атмосфера, чии параметри (температура, притисок и влажност) постојано се менуваат во текот на денот и годината. Во постапката не мерењето се користат одредени инструменти во зависност од големината која се мери, чија конструкција не е совршена, а во текот на мерењето и вниманието на операторот се менува во зависност од расположението и неговата психофизичка состојба. Цел комплекс на фактори кои влијаат на мерењата подлежат на постојани промени, па затоа и не е можно апсолутно точно да се измери физичката големина. Според тоа, во текот на мерењето настануваат низа на грешки во резултатите од мерењето и покрај целото внимание на операторот таквите грешки да ги избегне во целост, односно да ги сведе на минимум.

Доколку инструментите со кои се вршат мерењата се попрецизни, а операторот има поголема стручност и искуство, методата на работа е посовремена и атмосферските услови се поволни, тогаш и резултатите од мерењата ќе бидат поквалитетни (попрецизни), односно физичката големина ќе биде измерена со поголема точност.

Освен што мерењата може да бидат со поголема или помала точност, исто така, тие може да бидат со иста (еднаква) и различна (нееднаква) точност. Мерењата се со иста точност доколку се извршуваат со ист инструмент или, пак, со различни инструменти, но кои се од ист ранг (исто ниво) во поглед на точноста, со иста или адекватна метода на работа и ако се извршени во исти надворешни услови. Практично, се смета дека мерењата кои се одвиваат во различни услови се со различна точност.

Во геодезијата пристапот за решавање на овој проблем се разликува во однос на другите научни дисциплини. Пред започнувањето на секоја задача (мерење) може однапред да ја дефинираме точноста на резултатите од мерењето. Таквата точност

која однапред се дефинира во геодезијата се нарекува *a priori* (апериорна точност), додека, пак, точноста која се добива по обработката на мерењата односно по извршената оцена на резултатите на измерените големини се нарекува *a posteriori* (апостериорна точност).

5.3. ГРЕШКИ ВО РЕЗУЛТАТИТЕ НА ИЗМЕРЕНИТЕ ГОЛЕМИНИ

Секоја физичка големина има *вистинска* (стварна) вредност која не е позната. Тоа во суштина е апстрактна вредност која не е можно да се одреди со помош на мерење. Со мерење може да се одреди само приближната вредност. Приближната вредност ќе биде поблиску до вистинската вредност доколку мерењата се попрецизни, односно доколку мерењата се извршени со поголема точност.

Разликата на вредностите на мерењата l (резултатите на мерењата) и вистинската вредност A се нарекува *вистинска грешка* ε , односно:

$$\varepsilon = l - A. \quad (5.1.)$$

Кога повеќе измерени вредности на некоја физичка големина стојат во некој математички однос, постои можност да се одреди вистинската грешка која, всушност, е вредност на неисполнување на математичкиот услов.

На пример, агловното отстапување во еден триаголник f

$$f = (\alpha + \beta + \gamma) - A = l - A = \varepsilon$$

претставува вистинска грешка $f = \varepsilon$, при што вистинската вредност на збирот на трите внатрешни агли во еден триаголник изнесува 180° ($A = 180^\circ$), а измерената големина претставува збир на вредностите на внатрешно измерените агли во триаголникот ($l = \alpha + \beta + \gamma$).

Кога вредноста на една физичка големина е одредена со значително поголема точност, може условно да се усвои за вистинска вредност на истата физичка големина. Меѓутоа, ако ис-

та физичка големина се измери n пати, ќе се добијат n вредности кои меѓусебно ќе се разликуваат во точноста. Во овој случај проблемот е во одредувањето на една вредност која најдобро ќе ги претстави, односно онаа која ќе биде најблиска до вистинската вредност. Вообичаено, оваа вредност се нарекува *најверојатна вредност*, а разликите меѓу мерената вредност и најверојатната вредност се нарекуваат *најверојатни грешки* (поправки), т.е. $v_i = l_i - L$, при што l е резултатот на мерењето, а L е најверојатната вредност на измерената физичка големина. Според тоа, најверојатната вредност L претставува *променлива вредност* (нејзината вредност зависи од точноста на сите резултати на мерењата), за разлика од вистинската вредност A која е *константна*.

Во процесот на мерењата се појавуваат многу грешки кои настануваат поради несовршеноста на конструкцијата на инструментите и личните грешки на операторот, како и поради надворешните услови во кои се изведуваат мерењата.

Поради тоа многу е важно да се проучи карактерот и начинот на дејствување на грешките, односно:

- да се изучи законитоста на однесувањето на грешките, т.е. законот на распоредот на грешките;
- да се утврдат критериумите за отфрлање на грубите резултати на мерењата кои се под нивото на утврдената грешка;
- претходно да се оцени точноста – *a priori* точност.

По својот карактер на дејствување грешките се различни, па може да се зборува за нивната поделба (класификација).

5.3.1. Видови на грешки во резултатите на измерените големини

Во процесот на мерењето на физичките големини може да се појават *неизбежни* и *груби* грешки во резултатите на мерењата. По својот карактер на дејствување на резултатите на мерењата, неизбежните грешки се делат на *случајни* и *систематски*.

5.3.1.1. Случајни грешки

На резултатите на геодетските мерења влијаат повеќе фактори (причини) кои ги предизвикуваат грешките. Одделни грешки настануваат како збир на голем број на елементарни, по вредност мали грешки:

$$\varepsilon_i = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n = \sum_{i=1}^n \Delta_i.$$

Одделни грешки Δ_i се со безначајна вредност, но нивното вкупно влијание е значајно, па неопходно е за нив да се води сметка.

За одредување на големината A , се вршат низа на мерења l_1, l_2, \dots, l_n .

Поради неизбежните грешки овие вредности меѓусебно ќе се разликуваат и ќе бидат приближни на стварната вредност на мерената големина A . Степенот на нивното растурање околу големината A ќе зависи од точноста на самите мерења. Доколку мерењата се попрецизни, дотолку распонот на нивното расипување околу вистинската вредност A ќе биде помал, и обратно. Никогаш однапред не може да се предвиди колку ќе изнесува резултатот на i -тото мерење. Одовде може да заклучиме дека резултатот на секое мерење настанува сосема случајно. Според тоа, резултатите на мерењата

$$l_1, l_2, \dots, l_n$$

може да се сметаат за случајни големини, односно соодветните грешки

$$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n, \tag{5.2.}$$

се нарекуваат случајни грешки.

Случајните грешки ги следат сите мерења. Тие не може да се избегнат. Секој резултат кој се добива со мерење мора да биде оптоварен со случајна грешка чијашто вредност и предзнак не може однапред да се одредат. Тоа значи дека имаат карактер на случајност и затоа се нарекуваат случајни грешки. Поединечните случајни грешки ε_i кои би се набљудувале изоли-

рано од останатите, не навестуваат никаква законитост. Меѓутоа, збирот на случајни грешки (голем број на случајни грешки) следи одредени статистички закони кои може аналитички да се дефинираат со помош на одредени модели од математичката статистика.

Случајните грешки неможе да се елеминираат од резултатите на мерењата. Нивното влијание на најверојатната вредност се смалува кога истата се мери повеќе пати. Колку што е поголем бројот на мерењата толку помало е влијанието на случајните грешки.

5.3.1.1.1. Својства на случајните грешки

Својство на двозначност. Веројатноста на појава на позитивни грешки е еднаква на веројатноста на појава на негативни грешки. т.е.:

$$P(+\varepsilon) = P(-\varepsilon).$$

Својство на компензација. Случајните грешки се различни според вредност и според знакот, па најчесто покажуваат тенденција на компензирање (поништување).

Средната вредност од неограничен број на случајни грешки тежи кон нула:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\varepsilon]}{n} = 0, \quad (5.3.)$$

$$[\varepsilon] = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n.$$

Својство на ограниченост. Случајните грешки по апсолутни вредности секогаш се помали од однапред условените вредности:

$$|\varepsilon| < \Delta. \quad (5.4.)$$

Својство на независност. Случајните грешки меѓусебно се независни доколку е исполнет условот:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\varepsilon_i \varepsilon_j]}{n} = 0, \quad (5.5.)$$

$$n \rightarrow \infty$$

каде што се: ε_i и ε_j – случајни грешки. Во спротивно, случајните грешки меѓусебно ќе бидат зависни не во математичка смисла, туку во стохастичка смисла.

Својство на распоред на веројатност. Малите случајни грешки се јавуваат почесто, т.е. во поголем број отколку големите. Тоа значи дека веројатноста да се појават малите грешки е помала од веројатноста да се појават големите грешки, т.е. ако е:

$$|\varepsilon_1| < |\varepsilon_2|,$$

тогаш:

$$P(|\varepsilon_1|) > P(|\varepsilon_2|).$$

Распоредот на веројатноста на појавата на случајните грешки го следи законот на нормален распоред, односно Гаусовиот закон.

5.3.1.2. Систематски грешки

Нека една полигонска страна се мери со пантлика чијашто стварна должина изнесува 50,015 m. Во некоја полигонска страна пантликата се содржи два пати, па должината на таа страна е 100,000 m, затоа што *номиналната* – работната должина на пантликата е 50,00 m.

Меѓутоа, стварната должина на страната е 100,03 m. Тоа значи дека грешката на полигонската страна е 3 cm. Ако во некоја полигонска страна пантликата се содржи 4 пати, грешката ќе биде 6 cm.

Од наведениот пример може да се заклучи дека грешката е сразмерна со бројот на искористените пантлики и секогаш има ист знак. Ако стварната должина на пантликата е подолга од номиналната, резултатот на мерењата е помал од стварната должина на страната која се мери, и обратно (подолгата пан-

тлика помалку пати се содржи во една полигонска страна, и обратно).

Грешките кои резултатот на мерењето постојано го зголемуваат или постојано го намалуваат се нарекуваат систематски грешки.

Значи, својството на систематските грешки е постојано да го зголемуваат или, пак, намалуваат резултатот на мерењето. Благодарение на ваквото својство, систематските грешки може да се отстранат од резултатите на мерењата во потполност или делумно, доколку се знае причината за нивното постоење, како и законот за нивното однесување.

Отстранувањето на систематските грешки или, пак, намалувањето на нивната големина од резултатите на мерењата се постигнува со правилен избор на методата на работа, со испитување и ректификација на инструментите, со компарисување на приборот за мерење на должина (или кој било друг прибор за мерење на други големини) и со внесување на одредени поправки.

Со методата на работа се отстрануваат следниве грешки:

- со нивелирање од средина се отстранува грешката поради непаралелност на оската на либелата и визурата;
- со мерењето на агли во две положби на дурбинот се отстранува колимациската грешка која настанува поради ненормалност на визурата и обртната оска на дурбинот;
- со читање на две дијаметрално спротивни страни на поделбата на лимбот се отстранува грешката поради ексцентричност на алхидадината оска.

Одделни грешки не е можно да се отстранат од резултатите на мерењата. На пример, грешката која настанува поради не-вертикалноста на алхидадината оска не може да се отстрани со методата на работа. Оваа грешка доаѓа до полн израз при мерењето на хоризонталните правци.

Во текот на мерењата се настојува да се намали влијанието на систематските грешки кои не може да се елиминираат со методата на работа (дневни и ноќни мерења и слично). Но и покрај тоа, многу систематски грешки кои не може да се отстранат го оптоваруваат резултатот на мерењето. Тоа мора да се има предвид, особено во текот на линеарните мерења. На крат-

ки растојанија нивното влијание е мало, но и постојано се зголемува со зголемувањето на должината. Кај долгите страни систематските грешки може да бидат значителни, особено ако приборот кој се користи за мерење на должини не е испитан и соодветно ректифициран и особено ако соодветните поправки кои настануваат поради разликата помеѓу номиналната и стварната вредност на средствата не се внесени (на пример, должината на полската лента од 50 m не е 50 m, туку нешто подолга или пократка).

Кога со *компарирање* (споредување) на полската лента ќе се утврди стварната должина, влијанието на систематската грешка може да се елиминира на тој начин што ќе се пресмета поправката V по формулата:

$$V = \frac{s}{l_N} \cdot (l_R - l_N),$$

каде што:

s – должина на страната која се мери;

l_N – номинална должина на полската лента;

l_R – стварна должина на полската лента.

Со додавање на поправката V на резултатот на мерењата, ќе се добие вредност која е ослободена од систематска грешка, т.е.

$$s' = s + V.$$

Законитоста на однесувањето на систематските грешки може да се утврди на емпириски начин и може да се дефинира со функција која преку резултатот од мерењата се изразува преку елементите (аргументите) кои ги предизвикуваат систематските грешки (тие може да бидат константни и променливи). Константните систематски грешки постојано за иста вредност го зголемуваат или намалуваат резултатот од мерењето, додека, пак, променливите систематски грешки може да го менуваат својот предзнак и вредноста во согласност со некоја законитост која, пак, може да се дефинира аналитички. На пример, систематските грешки на поделбата на лимбот го следат законот на тригонометриските полиноми.

Во променливи систематски грешки се вбројуваат и грешките чија вредност настанува случајно, а дејствуваат еднострано (го намалуваат или зголемуваат резултатот на мерењето).

Систематските грешки не е можно во потполност да се отстранат од резултатите на мерењата, но тие имаат својство на ограниченост:

$$|C| < \Delta_c,$$

секогаш се помали од условните гранични вредности Δ_c .

Пример 5.1: Една полигонска страна е измерена со полска лента чијашто номинална вредност на должината изнесува 50,00 m и е добиена вредност од $s=310,18$ m. Со компарирање (споредување) на лентата утврдена е нејзината стварна вредност $l=50,009$ m.

Да се пресмета должината на полигонската страна, а воедно да биде ослободена од влијанието на систематската грешка.

Поправката V се пресметува по равенката (5.5.):

$$V = \frac{s}{l_N} \cdot (l_R - l_N) = \frac{310,18}{50,00} \cdot (50,009 - 50,00) = +0,06 \text{ m},$$

па должината на полигонската страна е:

$$s' = s + V = 310,18 + 0,06 = 310,24 \text{ m}.$$

5.3.1.3. Случајни и систематски грешки

Бидејќи од резултатот на мерењата не може во потполност да се отстранат ни случајните ни систематските грешки, може да се заклучи дека во сите резултати од секое мерење можно е присуство на грешки. Ако со δ_i ја означиме грешката во резултатот на i -тото мерење, таа ќе се состои од две компоненти ε_i и C_i :

$$\delta_i = \varepsilon_i + C_i,$$

од кои првата компонента има случаен, а втората компонента има систематски карактер.

Систематската грешка вообичаено се состои од два дела, и тоа: константен C_i' и променлив C_i'' :

$$C_i = C_i' + C_i'' .$$

Со зголемување на бројот на мерењата само го намалуваме влијанието на случајните грешки. Оваа констатација е важна за утврдување на бројот на мерењата за одделни големини кои ќе се мерат. Ако од резултатите на мерењата се елиминирани систематските грешки во таква мерка што нивното влијание е значително помало од влијанието на случајните грешки, тогаш има потреба од зголемување на бројот на мерењата со што би го намалиле нивното влијание. Во спротивно збирната грешка δ_i , не може значително да се намали со зголемување на бројот на мерењата.

5.3.1.4. Груби грешки

Кога некоја вредност на мерена големина е под нивото на саканата точност, тогаш велíme дека истата е оптоварена со *груба* грешка. Таквото мерење се отфрла и се заменува со ново кое, пак, треба да се изврши со поголемо внимание. Постојат критериуми врз основа на кои може да се утврди кои мерења се под нивото на однапред утврдената точност, т.е. критериум за откривање на груби грешки.

Ако некоја големина е измерена неколку пати, тогаш добиените вредности ќе се разликуваат во границите на точноста на мерењето што, пак, зависи од: инструментот, методата на работа, операторот, атмосферските услови и многу други надворешни влијанија. Кога во еден низ на мерења некоја вредност значително се разликува од останатите (над очекувањата), тоа мерење содржи груба грешка.

Грубите грешки настануваат најчесто поради невнимание или недоволно искуство на операторот.

На пример, погрешно прочитана вредноста на полската пантлика, на поделбата од летвата, на поделбата на лимбот кога се мерат агли.

5.4. ОЦЕНА НА ТОЧНОСТА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД МЕРЕЊАТА

Ако се мери големина чија вистинска вредност е позната, може да се одреди вистинската грешка (5.1.).

Доколку мерената големина се измери n пати, ќе се добијат n вистински грешки $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$. Поединечни вистински грешки ε_i не можат да пружат информација за точноста на мерењето. Меѓутоа, од низа на вистински грешки може да се утврди точноста на мерените големини, особено ако е голем бројот на вистинските грешки (колку е n поголемо, толку е подобро).

Постојат повеќе критериуми за оцена на точноста за извршените мерења: *просечна* грешка, *веројатна* грешка, *средна* квадратна грешка и *релативна* грешка.

5.4.1. Просечна грешка

Аритметичката средина на апсолутните вредности на неограничен број на вистински грешки се нарекува просечна грешка:

$$\bar{Q} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\varepsilon]}{n}. \quad (5.6.)$$

Кога бројот на вистинските грешки е мал (n мало), оцената на точноста врз основа на просечната грешка не е сигурна. Сигурноста на просечната грешка се зголемува со зголемувањето на бројот на мерењата, односно вистинските грешки. Во практика, просечната грешка се одредува по формулата:

$$Q = \frac{[\varepsilon]}{n}. \quad (5.7.)$$

Пример 5.2: Во тригонометриска мрежа измерени се агли во 20 триаголници. Разликите во збирот на мерените агли од 180° (вистинската вредност) се вистински грешки.

Да се пресмета просечната грешка.

Табела 5.1.

| Реден број на триаголникот | Вистински грешки |
|---|------------------|
| 1 | - 7 |
| 2 | + 18 |
| 3 | + 21 |
| 4 | + 3 |
| 5 | - 8 |
| 6 | + 10 |
| 7 | + 11 |
| 8 | + 6 |
| 9 | - 3 |
| 10 | - 12 |
| 11 | + 1 |
| 12 | + 10 |
| 13 | - 7 |
| 14 | - 2 |
| 15 | - 13 |
| 16 | + 17 |
| 17 | + 15 |
| 18 | + 2 |
| 19 | - 7 |
| 20 | - 5 |
| | |
| + 114 | |
| - 64 | |
| 178 = $\left[\left[\varepsilon \right] \right]$ | |

Решението на задачата е: $Q = \frac{178''}{20} = 8''.9$.

5.4.2. Веројатна грешка

Ако вистинските грешки $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ се наредат по својата апсолутна вредност така што секоја наредна е поголема од претходната, тогаш на така добиениената низа вистинска грешка е онаа која се наоѓа во средината на низата и се нарекува ве-

ројатна грешка ρ . Тоа значи дека е еднаков бројот на вистински грешки кои се помали и поголеми од веројатната грешка.

Пример 5.3: Да се одреди веројатната грешка на податоците од примерот 5.2.

Да се подредат вистинските грешки во низа така што следната грешка да е поголема од претходната по своја апсолутна вредност.

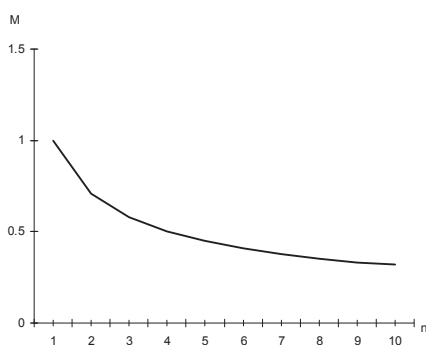
1; 2; 2; 3; 3; 5; 6; 7; 7; 7; 8; 10; 10; 11; 12; 13; 15; 17; 18; 21.

Бидејќи низата има 20 грешки, за веројатна грешка ќе се усвои средната вредност од десеттата и единаесеттата грешка, т.е.

$$\rho = \frac{7+8}{2} = 7''.5.$$

Графикон за: $M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}}$, ($m=1$).

| | | | | | | | | | | |
|-----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| M | 1 | 0.71 | 0.58 | 0.50 | 0.45 | 0.41 | 0.38 | 0.35 | 0.33 | 0.32 |



Сл. 5.1. Графикон за пример 2.

5.4.3. Средна квадратна грешка

Се смета дека просечната и веројатната грешка не се доволно сигурни критериуми за оцена на точноста, затоа што грешките кои се поголеми по својата апсолутна вредност, при

оценување на точноста, не доаѓаат до својот прав израз, особено кога просечната и веројатната грешка се пресметуваат од мал број на вистински грешки.

За грешките поголеми по апсолутна вредност да дојдат до својот прав израз, при оценувањето на точноста се пресметува средна квадратна грешка:

$$m = +\sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n}} = +\sqrt{\frac{[\varepsilon^2]}{n}}. \quad (5.8.)$$

Средната квадратна грешка, или пократко наречена средна грешка, пореално ја карактеризира точноста на мерењата.

Средната грешка е броен показател кој ни дава информација за точноста на мерените големини чија што точност не интересира нас во геодезијата. Колку што е средната грешка помала, толку е поголема точноста на мерените големини за која таа се однесува.

Во геодетските работи точноста на добиените резултати се одредува преку средната грешка. Таа ни дава пообјективна информација за точноста на мерените големини во однос на просечната и веројатната грешка, кои доволно не не предупредуваат на крупни грешки на мерените големини.

Колку што е поголем бројот на мерени големини, толку е поголема сигурноста во одредувањето на средната грешка. Кога бројот на мерените големини неограничено расте, средната грешка тежнее кон стандардното отстапување:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} m^2 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\varepsilon\varepsilon]}{n} = \sigma^2.$$

Стандардното отстапување σ е константна големина која објективно го карактеризира мерените големини и најадекватно ги одразува целиот комплекс на грешки, односно условите на мерењето.

Бидејќи бројот на мерење на иста големина е доста ограничен, никогаш не е позната вредноста на стандардното отстапување. Се смета дека $m \approx \sigma$ кога $n > 30$. Се разбира дека, што е поголемо n вредноста на средната грешка ќе биде сè поблиска до стандардното отстапување σ . Во геодезијата најчесто има доволен број на податоци ($n > 30$) врз основа на кои се

пресметува средната грешка m , чијашто вредност може да се изедначи со стандардното отстапување σ . На пример, ако се пресметува средната грешка на агол од голем број на агловни отстапувања во триаголниците од тригонометриската мрежа или од агловните отстапувања во затворените полигони или влаци на полигонометриската мрежа итн.

Сигурноста на вака пресметаните грешки зависи од бројот на податокот врз основа на кој е пресметана нивната вредност. Тоа практично значи дека и самите средни грешки имаат сопствени грешки. Тие може да одредат според формулата:

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2 \cdot n}}. \quad (5.9.)$$

Земајќи го ова во предвид, средната грешка може да се пресмета и како:

$$m = \sqrt{\frac{[\varepsilon^2]}{n}} \cdot \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{2 \cdot n}}\right) = \sqrt{\frac{[\varepsilon^2]}{n}} \cdot \left(1 \pm \frac{0.77}{\sqrt{n}}\right).$$

Одовде може најдобро да се види како сигурноста на средната грешка зависи од бројот на мерењата.

Пример 5.4: Да се пресмета средната квадратна грешка (средна грешка) врз основа на отстапувањата на триаголниците во мрежа. Податоците да се земат од примерот 5.2 (таб. 5.1.)

Според формулата (5.8.) следува:

$$m = \sqrt{\frac{[\varepsilon^2]}{n}} = \sqrt{\frac{2212}{20}} = \sqrt{110.60} = 10''.5$$

Средната грешка пресметана од просечните грешки изнесува:

$$m = 1.25 \cdot Q = 1.25 \cdot 8''.9 = 11''.1,$$

а просечната грешка пресметана од средната грешка е:

$$Q = \frac{4}{5} \cdot m = \frac{4}{5} \cdot 10''.5 = 8''.4.$$

Овие вредности не се согласуваат со претходно пресметаните, зато што просечната и средната грешка се пресметани од релативно мал број на агловни отстапувања во триаголниците.

Напомена: Формулите (5.7.) и (5.8.) за средната грешка се изведени доколку мерењата меѓусебно биле независни, со иста точност и оптоварени само со случајни грешки. Овие грешки не претставуваат поправки на мерените големини, туку само ни даваат информации за точноста на мерените големини. Помеѓу веројатната, просечната и средната грешка постои теориски однос кој приближно гласи:

$$\rho : Q : m = 4 : 5 : 6.$$

Најголема вредност има средната грешка m , а најмала вредност има веројатната грешка ρ .

Од оваа пропорција произлегува:

$$\rho = \frac{2}{3} \cdot m \quad Q = \frac{5}{6} \cdot m.$$

5.4.4. Релативна грешка

Наведените грешки ни даваат информација за точноста на резултатите на мерените големини. Меѓутоа, тие секогаш не ја даваат потполната информација за точноста на поединечни мерени големини, на пример должина и висинска разлика. При оценувањето на овие големини важно е да се истакне на која вредност од мерената големина се однесува грешката. Не е сеедно да се постигне точност на мерење на должина 1 cm на 10 m или на 10 km. Сигурно, должината од 10 m може полесно да се измери со точност од 1 cm отколку должината од 10 km.

Кога е битно да се истакне на која вредност од мерената големина се однесува средната грешка, потполна информација ни даваат релативните грешки. Точноста на мерењата на иста големина по единица на мерена големина се изразува со помош на релативна грешка.

Релативната грешка е количник на една од грешките (просечна, веројатна или средна) и големината на која се однесуваат нејзините вредности.

Така се пресметуваат:

– просечна релативна грешка:

$$Q_r = \frac{Q}{A}, \quad (5.10.)$$

– средна релативна грешка:

$$m_r = \frac{m}{A}, \quad (5.11.)$$

– веројатна релативна грешка:

$$\rho_r = \frac{\rho}{A}, \quad (5.12.)$$

при што A е вистинска вредност на мерената големина.

Релативните грешки најчесто се изразуваат во следниот облик:

– просечна релативна грешка:

$$Q_r = 1 : \frac{A}{Q}, \quad (5.13.)$$

– средна релативна грешка:

$$m_r = 1 : \frac{A}{m}, \quad (5.14.)$$

– веројатна релативна грешка:

$$\rho_r = 1 : \frac{A}{\rho}. \quad (5.15.)$$

Релативната грешка се користи за оцена на точноста на резултатите од линеарните мерења, затоа што точноста зависи од големината (квантитетот) на резултатите, кои се добиени со мерењата, т.е. со зголемување на должината се зголемува и грешката. Меѓутоа, кај мерењата на агли тоа не е случај, затоа

што точноста на резултатот на измерениот агол не зависи од големината на аголот.

За пресметување на релативните грешки, наместо вистинските вредности A се користат соодветни вредности кои се добиваат со мерење l .

Пример 5.5: Нека една полигонска страна е со должина до 300,00 m и е измерена со средна грешка $m = 0,06$ m. Треба да се пресмета средната релативна грешка.

Средната релативна грешка се пресметува според формулата (5.14.) и изнесува:

$$m_r = 1 : \frac{A}{m} = 1 : \frac{300,00}{0,06} = 1 : 5000.$$

Ако внимателно го погледнеме решението на овој пример, се изведува многу вежен заклучок дека релативната грешка е неименуван број со димензија 1. Тоа во суштина е грешка сведена на единица должина. Средната релативна грешка $m_r = 1:5000$ значи дека грешката од 1 m се однесува на должина 5000 m, или 1 cm на 5000 cm итн. Со тоа, практично може да се споредува точноста на должината на еден полигонски влак во однос на друг или, пак една полигонска мрежа во однос на друга полигонска мрежа. Релативните грешки имаат голема примена во практиката затоа што со нивна помош може да се споредуваат грешките на мерењето кои се однесуваат на резултатите на должината на полигонските страни и влаци, нивелманските влаци итн.

5.4.5. Гранични грешки (дозволени отстапувања)

Вредностите на мерените големини во поглед на точноста мора да одговараат на одредени карактеристики кои однапред се одредуваат во зависност од намената. За секоја конкретна задача може да се утврди точноста со која е потребно да се извршат мерењата (сите мерења мора да имаат соодветна точност).

Како критериум врз основа на кој се утврдува дали квалитетот на мерењата одговара на условената (однапред усвоена) точност се користат граничните грешки или дозволените отстапувања. Нивна задача е да вршат селекција на оние вредности на мерени големини кои се под нивото на саканата точност. Таквите мерења се отфрлаат и се заменуваат со нови мерења кои се извршуваат со поголема внимателност.

Дозволените отстапувања може во општ облик да се прикажат како:

$$\Delta = f(t, m),$$

каде m е средна квадратна грешка која ги карактеризира условите на мерењата, а t е параметар чија вредност во функцијата на усвоената веројатност p и бројот на степени на слобода n (број на прекубројни мерења):

$$t = f(p, n).$$

Во геодезијата обично се претпоставува дека се располага со неограничен број на мерења, така што параметарот t се изразува во функција на усвоена веројатност p :

$$t = f(p),$$

Кога $t = 2$, веројатноста е $p = 0.95$, а за $t = 3$ веројатноста изнесува $p = 0.997$.

Според тоа, за дозволени отстапувања се усвојува двојна или тројна средна квадратна грешка ($\Delta = 2 \cdot m$ или $\Delta = 3 \cdot m$).

Кога $\Delta = 2 \cdot m$, треба да се очекува дека од сто мерења само пет ќе имаат грешка поголема од дозволеното отстапување. Веројатноста дека грешката на мерење ќе биде помала од тројната средна грешка изнесува $p = 0.997$.

Се претпоставува дека во овој случај постојат неограничен број на мерења. Меѓутоа, во практика бројот на мерења е ограничен и е многу мал. За ваквата состојба доволно е да се води сметка при одредувањето на граничните грешки, односно на дозволените отстапувања.

Математичката статистика сè повеќе наоѓа простор во научните дисциплини кои се потпираат на експерименти и обра-

ботка на мерени големини. Таков карактер имаат и сите дисциплини кои во поширока смисла се занимаваат со геодезијата.

5.5. СРЕДНА ГРЕШКА НА ФУНКЦИЈАТА НА МЕРЕНИ ГОЛЕМИНИ

Покажано е како се одредува средна грешка на мерење на една големина. Често повеќе мерени големини стојат во одредени математички односи (функционално поврзани). Облиците на функциите чии елементи (аргументи) се мерени големини може да бидат различни: агловното отстапување во триаголникот е во функција на трите мерени големини α , β и γ . Насочниот агол на r -тата страна во полигонометрискиот влак во функција е со дадените насочни агли како и од сврзните и прекршните агли. Индиректно одредената страна, со примена на синусната теорема, е во функција на мерената страна и сите три или два агли во триаголникот итн. Во ваквите случаи потребно е да се одреди средна грешка на функцијата, при што познати се средните грешки на нејзините аргументи. Во општ случај аргументите на функцијата може да бидат зависни или независни големини. Мерените големини се назависни ако се мерат (образуваат) независно една од друга.

5.5.1. Средна грешка на функција со една мерена големина

Функцијата f на мерената големина x е дадена во обликот:

$$f = a \cdot x, \quad (5.16.)$$

каде што a е константа која не е мерена.

Кога во равенката (5.16.) наместо мерената вредност x ќе се вметне соодветна вистинска вредност X , ќе се добие вистинска вредност на функцијата f .

$$F = a \cdot X. \quad (5.17.)$$

Потоа се формира разликата:

$$f - F = a \cdot (x - X),$$

односно:

$$\Delta f = a \cdot \Delta x, \quad (5.18.)$$

каде што Δx и Δy се вистинските грешки на аргументите од функцијата f .

Поради одредување на средната грешка на функцијата дозволуваме X да биде измерено n пати и се добиени n пати односите (5.18.):

$$\Delta f_1 = a \cdot \Delta x_1$$

$$\Delta f_2 = a \cdot \Delta x_2$$

... ..

$$\Delta f_n = a \cdot \Delta x_n.$$

Збирот на квадратите на овие равенки ќе се подели со n :

$$\frac{[\Delta f^2]}{n} = a^2 \cdot \frac{[\Delta x^2]}{n}. \quad (5.19.)$$

Според равенката (5.8.), квадратот на средната грешка е средна вредност на квадратот на вистинските грешки:

$$m_f^2 = \frac{[\Delta f^2]}{n}, \quad m_x^2 = \frac{[\Delta x^2]}{n}. \quad (5.20.)$$

Кога тоа ќе се земе предвид, равенката (5.19.) ќе гласи:

$$m_f^2 = a^2 \cdot m_x^2, \quad (5.21.)$$

или:

$$m_f = a \cdot m_x. \quad (5.22.)$$

Ако $a = 1$, од (5.16.) и (5.22.) следува:

$$f = x \text{ и } m_f = m_x. \quad (5.23.)$$

5.5.2. Средна грешка на функцијата збир на две мерени големини

Се бара средната грешка на збирот на две мерени големини. Големините x и y измерени се со средни грешки m_x и m_y .

Кога во функцијата:

$$f = x + y, \quad (5.24.)$$

наместо вредностите на мерените големини x и y би се вметнале соодветни вистински вредности X и Y , би се добила вистинска вредност на функцијата F , т.е.

$$F = X + Y. \quad (5.25.)$$

Ако од равенката (5.25.) се одземе равенката (5.24.) ќе добиеме:

$$f - F = (x - X) + (y - Y), \quad (5.26.)$$

или:

$$\Delta f = \Delta x + \Delta y, \quad (5.27.)$$

При што разликите на вистинските и мерените вредности претставуваат вистински грешки:

$$\Delta f = f - F, \quad (5.28.)$$

$$\Delta x = x - X.$$

$$\Delta y = y - Y,$$

Ако големините x и y се измерени n пати, тогаш и за функцијата f ќе се добијат n вредности, па и за вистинската грешка ќе се добијат n вредности, т.е.:

$$\Delta f_1 = \Delta x_1 + \Delta y_1,$$

$$\Delta f_2 = \Delta x_2 + \Delta y_2,$$

$$\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$$\Delta f_n = \Delta x_n + \Delta y_n,$$

а по квадрирањето се добива:

$$\begin{aligned}\Delta f_1^2 &= \Delta x_1^2 + 2 \cdot \Delta x_1 \cdot \Delta y_1 + \Delta y_1^2, \\ \Delta f_2^2 &= \Delta x_2^2 + 2 \cdot \Delta x_2 \cdot \Delta y_2 + \Delta y_2^2, \\ &\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ \Delta f_n^2 &= \Delta x_n^2 + 2 \cdot \Delta x_n \cdot \Delta y_n + \Delta y_n^2,\end{aligned}$$

а, пак, по собирањето се добива:

$$[\Delta f^2] = [\Delta x^2] + 2 \cdot [\Delta x \Delta y] + [\Delta y^2]. \quad (5.29.)$$

Ако (5.29.) се подели со n , се добива:

$$\frac{[\Delta f^2]}{n} = \frac{[\Delta x^2]}{n} + 2 \cdot \frac{[\Delta x \Delta y]}{n} + \frac{[\Delta y^2]}{n}. \quad (5.30.)$$

Имајќи го предвид четвртото својство на случајните грешки, се изведува заклучокот дека членот:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta x \Delta y]}{n} = 0$$

се стреми кон 0 кога n неограничено расте. Кога ова ќе се земе предвид, равенката (5.30.) го добива следниот облик:

$$\frac{[\Delta f^2]}{n} = \frac{[\Delta x^2]}{n} + \frac{[\Delta y^2]}{n}. \quad (5.31.)$$

Со оглед на изразот (5.8.), се добива:

$$m_f^2 = m_x^2 + m_y^2, \quad (5.32.)$$

затоа што:

$$m_f^2 = \frac{[\Delta f^2]}{n}; \quad m_x^2 = \frac{[\Delta x^2]}{n}; \quad m_y^2 = \frac{[\Delta y^2]}{n}. \quad (5.33.)$$

Напомена.

1. Средната грешка на функцијата $f = x - y$ исто така е:

$$m_f = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}.$$

2. Кога големините x и y се измерени со иста точност, т.е. $m_x = m_y = m$, тогаш изразот (5.33.) го добива следниот облик:

$$m_f = m \cdot \sqrt{2}. \quad (5.34.)$$

5.5.3. Средна грешка на функцијата збир на повеќе мерени големини

Најнапред да ја разгледаме функцијата на збирот на три мерени големини:

$$f = x + y + z. \quad (5.35.)$$

Да ја прикажеме (5.35.) во следниот облик:

$$f = t + z, \quad (5.36.)$$

каде што е:

$$t = x + y, \quad (5.37.)$$

Со оглед на равенката (5.32.), средната грешка на функцијата (5.36.), (5.37.) ќе биде:

$$m_f^2 = m_t^2 + m_z^2, \quad (5.38.)$$

и

$$m_t^2 = m_x^2 + m_y^2. \quad (5.39.)$$

Кога равенката (5.39.) ќе се вметне во (5.38.), ќе се добие средна грешка на функцијата (5.35.):

$$m_f^2 = m_x^2 + m_y^2 + m_z^2. \quad (5.40.)$$

Во општ, случај за функција во облик:

$$f = a \cdot x^2 + b \cdot y^2 + c \cdot z^2 + \dots + g \cdot w^2 \quad (5.41.)$$

средната грешка е:

$$m_f^2 = a^2 \cdot m_x^2 + b^2 \cdot m_y^2 + c^2 \cdot m_z^2 + \dots + g^2 \cdot m_w^2, \quad (5.42.)$$

каде што се: a, b, c, \dots, g – константни големини.

Ако константите меѓусебно се еднакви, т.е.

$$a = b = c = \dots = g = k,$$

средната грешка на функцијата е:

$$m_f^2 = k^2 \cdot (m_x^2 + m_y^2 + m_z^2 + \dots + m_w^2), \quad (5.43.)$$

а за:

$$a = b = c = \dots = g = 1$$

средната грешка на функцијата е:

$$m_f^2 = m_x^2 + m_y^2 + m_z^2 + \dots + m_w^2. \quad (5.44.)$$

5.6. ИЗРАМНУВАЊЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ДИРЕКТНИТЕ МЕРЕЊА

5.6.1. Потребата и целта на израмнувањето на резултатите од мерењата

Секоја физичка големина треба да се измери еднаш за да се добие нејзината вредност. Меѓутоа, ако истата физичка големина се измери n пати, ќе се добијат n вредности кои меѓусебно ќе се разликуваат во границите на точноста.

Исто така, во геодетската дејност се практикува бројот на измерените физички големини да биде поголем од неопходниот број. На пример, во триаголникот се мерат сите три агли (кога теренските прилики ќе го дозволат тоа) иако неопходно е да се измерат само два, затоа што третиот агол може да се добие како дополна на збирот на двата измерени до 180° . Тоа значи дека третиот агол не е неопходно да се измери, односно тоа е *прекубројно мерење*. Според тоа, може да се зборува за број на прекубројни мерења на една иста физичка големина, како и за број на прекубројни измерени физички големини.

Во првиот случај, поради прекубројните мерења на една иста физичка големина, се јавува проблем за одредување на една вредност на физичката големина врз основа на n -те резултати на мерени вредности, која најдобро ќе ги репрезентира резул-

татите од сите мерења, т.е. која ќе ѝ биде најблиска на вистинската вредност. Вообичаено, таквата вредност се нарекува најверојатна вредност на измерената физичка големина.

Поради прекубројно извршените мерења, нема да бидат задоволени сите математички услови кои произлегуваат од геометрискиот облик на тригонометриските мрежи. На пример, доколку се измерени сите три внатрешни агли во триаголникот, поради неизбежните грешки во резултатите од мерењата, збирот на внатрешните агли во триаголникот по правило нема да изнесува 180° или, пак, тоа случајно ќе се случи. Тоа значи дека нема да биде исполнет математичкиот услов збирот на внатрешните агли во еден рамен триаголник да биде 180° . Секоја прекубројна измерена големина во геодетските мрежи овозможува формирање на нов математички услов кој нема да биде задоволен. Така математички дефинираните мрежи даваат повеќезначни решенија. Еднозначните решенија може да се добијат ако се коригираат – поправат (израмнат) резултатите на сите измерени големини така да бидат задоволени сите математички услови кои произлегуваат од геометрискиот облик на мрежата, а притоа збирот на квадратите на поправките да биде минимална.

Од изложеното произлегува дека треба:

- од резултатите на повеќе пати измерената големина да се одреди нејзината најверојатна вредност, која сите резултати најдобро ќе ги репрезентира, т.е. која најмалку ќе отстапува од вистинските вредности на мерената големина;
- врз основа на резултатите на сите измерени големини да се одредат – поправат (израмнат) резултатите на мерењата како би биле задоволени сите математички услови кои произлегуваат од геометрискиот облик на мрежата;
- да се оцени точноста на конечно одредените вредности на измерените големини (после израмнувањето).

5.6.2. Израмнување на резултатите на директни мерења со еднаква точност

5.6.2.1. Просја ариџметичка средина

Кога мерењата ги извршува еден оператор со ист инструмент, со иста метода на работа и под исти атмосферски услови, т.е. кога за мерењата се обезбедени практично исти услови на работа, тогаш во сите мерења може да се има ист степен на довербата A . На пример, ако ист оператор ги мери сите три агли во триаголникот со ист инструмент, во ист број на гируси и практично под исти услови, се смета дека аглите се измерени со иста точност.

Ако некоја големина се измери два или повеќе пати, поради неизбежните грешки резултатите од мерењата меѓусебно ќе се разликуваат, па е неопходно да се одреди еднозначно решение. Имено, од сите мерења треба да се одреди една најверојатна вредност, која најдобро ќе ги репрезентира (застапува). Најверојатната вредност се одредува со примена на проста аритметичка средина.

Нека се:

$$l_1, l_2, \dots, l_n \quad (5.45.)$$

резултати на независните мерења на некоја големина кои се измерени со иста точност. Се претпоставува дека сите мерења се оптоварени само со грешки од случаен карактер. Кога резултатите од мерењата (5.45.) на иста големина меѓусебно се разликуваат, се поставува прашањето како од тие резултати на мерењата да се одреди една вредност која би можела да се смета за најблиска до вистинската вредност.

Бидејќи мерењата се со иста точност за дефинитивната вредност на бараната големина, се зема проста аритметичка средина:

$$L = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n l_i. \quad (5.46.)$$

Доказ. Нека со L ја означиме најверојатната вредност на низата на мерени големини (5.45.). Ги формираме разликите

понеѓу најверојатните вредности L и одделните вредности на мерните големини l_i :

$$\begin{aligned} v_1 &= L - l_1, \\ v_2 &= L - l_2, \\ &\dots \dots \\ v_n &= L - l_n. \end{aligned}$$

Најпрвин овие равенки се квадрираат, а потоа се собираат:

$$\begin{aligned} v_1^2 &= L^2 - 2 \cdot L \cdot l_1 + l_1^2, \\ v_2^2 &= L^2 - 2 \cdot L \cdot l_2 + l_2^2, \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \\ v_n^2 &= L^2 - 2 \cdot L \cdot l_n + l_n^2 \\ [v^2] &= n \cdot L^2 - 2 \cdot L \cdot [l] + [l^2]. \end{aligned} \tag{5.47.}$$

Најверојатната вредност се одредува по методата на најмали квадрати ($[v^2] = \min$). Затоа се прави извод по најверојатната вредност L , и се изедначува со нула:

$$[v^2]' = 2 \cdot n \cdot L - 2 \cdot [l] = 0.$$

Одовде следи:

$$L = \frac{[l]}{n}.$$

Со тоа доказот е завршен.

На овој начин одредената дефинитивна вредност на бараната големина е најблиска на вистинската вредност па се нарекува најверојатна вредност.

Доказ. Ако од низата (5.45.) се формираат вистинските грешки:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= l_1 - A \\ \varepsilon_2 &= l_2 - A \\ &\dots \dots \dots \\ \varepsilon_n &= l_n - A \end{aligned}$$

и се изврши нивно собирање, се добива:

$$[\varepsilon] = [l] - n \cdot A. \quad (5.48.)$$

Од равенките (5.48.) вистинската вредност е еднаква:

$$A = \frac{[l]}{n} - \frac{[\varepsilon]}{n},$$

односно:

$$A = L - \frac{[\varepsilon]}{n},$$

или:

$$A = L, \quad [\varepsilon = 0]. \quad (5.49.)$$

Ако се земе предвид другото својство на случајните грешки (својството на компензација), аритметичката средина од неограничен број на мерења е еднаква на вистинската вредност. Бидејќи бројот на мерења од кои се одредува аритметичката средина е многу мал, може да се каже дека аритметичката средина приближно е еднаква на вистинската вредност. Со зголемување на бројот n , вредноста на аритметичката средина се приближува кон вистинската вредност:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} L = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[l]}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(A - \frac{[\varepsilon]}{n} \right) = A - \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\varepsilon]}{n} = A. \quad (5.50.)$$

Напомена: Изразот (5.46.) може да се трансформира во облик погоден за практични пресметување. Најмалата вредност од низата на мерења се усвојува за приближна вредност l_0 .

Сега е:

$$L_0 = l_{i_{\min}}, \quad (5.51.)$$

$$l_1 = L_0 + \Delta l_1, \quad (5.52.)$$

$$l_2 = L_0 + \Delta l_2, \quad (5.52.)$$

... ..

$$l_n = L_0 + \Delta l_n.$$

Кога изразот (5.52.) ќе се вметне во (5.46.), се добива:

$$L = \frac{L_0 + \Delta l_1 + L_0 + \Delta l_2 + \dots + L_0 + \Delta l_n}{n}, \quad (5.53.)$$

или, пак, по средовањето на изразот се добива:

$$L = \frac{n \cdot L_0 + (\Delta l_1 + \Delta l_2 + \dots + \Delta l_n)}{n},$$

односно:

$$L = L_0 + \frac{[\Delta l]}{n}, \quad (5.54.)$$

при што:

$$[\Delta l] = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \dots + \Delta l_n.$$

5.6.2.1.1. Својство на просечната аритметичка средина

Збирот на отстапувањата (поправките) на резултатите на мерењата од простата аритметичка средина е еднаков на нула:

$$[v] = 0. \quad (5.55.)$$

Доказ: Кога ќе се соберат поправките:

$$v_1 = L - l_1,$$

$$v_2 = L - l_2,$$

... ..

$$v_n = L - l_n,$$

ќе се добие:

$$[v] = n \cdot L - [l]. \quad (5.56.)$$

Кога ќе се додаде изразот (5.46.), ќе се добие:

$$[v] = n \cdot \frac{[l]}{n} - [l] = 0.$$

Со тоа доказот е завршен.

Ова својство на проста аритметичка средина се користи за контрола на пресметувањето на најверојатната вредност по проста аритметичка средина. Ако $[\Delta l]$ е деливо со n без остаток, тогаш збирот $([v])$ ќе биде точно нула. Во спротивно, може да се појави некој број кој е близок до нула $[v] \approx 0$.

Збирот на поправките v може да отстапува од нула најмногу за $n/2$, каде што n е бројот на извршените мерења. На пример, ако аритметичката средина се образува од 8 податоци на три децимални места, тогаш сумите:

$$[v] \leq 0.004.$$

Значи:

$$[v] \leq \frac{n}{2} \cdot 10^{-r}$$

каде што r е бројот на децимални места.

А) Средна грешка на просја аритметичка средина

Аритметичката средина е функција на мерените големини со облик:

$$L = \frac{[l]}{n} = \frac{1}{n} \cdot l_1 + \frac{1}{n} \cdot l_2 + \dots + \frac{1}{n} \cdot l_n,$$

каде што е $a_i = 1/n$.

Според тоа, со оглед на равенката (5.43.), средната грешка на аритметичката грешка ќе биде:

$$m_L^2 = \frac{1}{n^2} \cdot m_1^2 + \frac{1}{n} \cdot m_2^2 + \dots + \frac{1}{n} \cdot m_n^2.$$

Бидејќи мерењата се остварени со иста точност, тоа е:

$$m_1 = m_2 = \dots = m_n = m,$$

па е:

$$m_L^2 = n \cdot \frac{1}{n^2} \cdot m^2 = \frac{m^2}{n},$$

односно:

$$m_L = \frac{m}{\sqrt{n}}. \quad (5.58.)$$

За да се пресмета средната грешка на проста аритметичка средина, треба да се знае средната грешка на поединечното мерење m .

Од оваа формула се гледа дека средната грешка m_L ќе биде помала доколку n биде поголемо. Средната грешка m_L се намалува со квадратен корен од бројот на мерењата n , и тоа на почетокот ($n < 5$) нагло, а потоа споро, па дури кога $n = \infty$ ќе ја достигне вредноста нула $m_L=0$. Ова сознание не предупредува дека нема смисла да се извршуваат голем број на мерења, затоа што со тоа се вложува голем труд, а на точноста се добива многу малку. Полесно е да се зголеми точноста на мерените големини со избор на попрецизни инструменти, со избор на посовршена метода на работа и со обезбедување на поволни услови на работа отколку да се направат голем број на мерења, односно не зголемување на n , туку смалување на m . Бројот на мерења мора да биде во разумни граници. Со свесна анализа може да се одреди n . Во практиката, најголем број на мерења се јавуваат само во мерењето на агли во тригонометриските мрежи од прв ред, во кои аглите се мерат во 12 гируси ($n=12$).

Б) Средна грешка на поединечно мерење

Нека бараната големина е измерена n пати, чијашто вистинска вредност е A , а најверојатна L . Ќе ги напишеме изразите за вистинските грешки:

$$\varepsilon_1 = l_1 - A, \quad (5.59.)$$

$$\varepsilon_2 = l_2 - A,$$

... ..

$$\varepsilon_n = l_n - A,$$

и најверојатните поправки:

$$v_1 = L - l_1, \quad (5.60.)$$

$$v_2 = L - l_2,$$

... ..

$$v_n = L - l_n.$$

Кога ќе се соберат равенките (5.59.) и (5.60.) се добива:

$$\varepsilon_1 + v_1 = L - A \tag{5.61.}$$

$$\varepsilon_2 + v_2 = L - A,$$

... ..

$$\varepsilon_n + v_n = L - A,$$

односно

$$\varepsilon_1 = L - A - v_1,$$

$$\varepsilon_2 = L - A - v_2,$$

... ..

$$\varepsilon_n = L - A - v_n.$$

Кога овие равенки се квадрираат се добива:

$$\varepsilon_1^2 = (L - A)^2 - 2 \cdot v_1 \cdot (L - A) + v_1^2, \tag{5.63.}$$

$$\varepsilon_2^2 = (L - A)^2 - 2 \cdot v_2 \cdot (L - A) + v_2^2,$$

... ..

$$\varepsilon_n^2 = (L - A)^2 - 2 \cdot v_n \cdot (L - A) + v_n^2,$$

и ќе се соберат, ќе се добие:

$$[\varepsilon^2] = n \cdot (L - A)^2 - 2 \cdot [v] \cdot (L - A) + [v^2]. \tag{5.64.}$$

Бидејќи $[v] = 0$, равенката (5.64.) го добива следниов облик:

$$[\varepsilon^2] = n \cdot (L - A)^2 + v^2,$$

односно:

$$(L - A)^2 = \frac{[\varepsilon^2]}{n} - \frac{[v^2]}{n} \tag{5.65.}$$

или:

$$(L - A)^2 = m^2 - \frac{[v^2]}{n}. \quad (5.66.)$$

Кога ќе се земе предвид равенката (5.8.), разликата $(A-L)$ претставува вистинска грешка на аритметичката средина:

$$\varepsilon_L = L - A.$$

Кога се има предвид дека постои само една вредност за вистинска грешка на аритметичката средина, од равенката (5.8.) се добива:

$$m_L^2 = \varepsilon_L^2 = (L - A)^2, \quad (5.67.)$$

или кога ќе се земе предвид (5.68.) се добива:

$$m_L^2 = (L - A)^2 = \frac{m^2}{n}. \quad (5.68.)$$

Кога изразите (5.8.) и (5.68.) се вметнат во изразот (5.65.) се добива:

$$\frac{m^2}{n} = m^2 - \frac{[v^2]}{n}$$

односно:

$$n \cdot m^2 - m^2 = [v^2],$$

или

$$m^2 \cdot (n - 1) = [v^2],$$

т.е.

$$m^2 = \frac{[v^2]}{n - 1}, \quad (5.69.)$$

и дефинитивно изразот изгледа вака:

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n - 1}}.$$

Напомена:

1. Ако сите мерења се оптоварени со константна систематска грешка C , со оваа грешка ќе биде оптоварена и најверојатната вредност L .

2. Поправките v_i не ја содржат константната систематска грешка c , па според тоа ни средната грешка m (5.69.), која се одредува од поправките, не ја содржи таа грешка.

Бидејќи средните грешки се одредуваат од мал број на мерења, тие имаат сопствени грешки:

– средна грешка на средната грешка на мерењата изнесува:

$$m = \frac{m}{\sqrt{2 \cdot (n-1)}};$$

– средна грешка на средната грешка на аритметичката средина е:

$$m_{m_L} = \frac{m_L}{\sqrt{2 \cdot (n-1)}},$$

или, со оглед на равенката (5.58.), се добива:

$$m_{m_L} = \frac{m}{\sqrt{2 \cdot (n-1) \cdot n}}.$$

Пример 5.6: Аголот α е измерен во 10 гируси. Резултатите од мерењата се прикажани во табела 5.2.

Табела 5.2.

| Реден број на мерењето (гирусот) | Вредност на аголот α ° ' " | $\Delta\alpha_i = \alpha_i - \alpha_o$ " | $v = \alpha' - \alpha_i$ " | v_i^2 " |
|----------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|--------------|
| 1 | 58 13 44 | + 14 | - 7 | 49 |
| 2 | 30 | 0 | + 7 | 49 |
| 3 | 35 | + 5 | + 2 | 4 |
| 4 | 38 | + 8 | - 1 | 1 |
| 5 | 40 | + 10 | - 3 | 9 |
| 6 | 37 | + 7 | 0 | 0 |
| 7 | 36 | + 6 | + 1 | 1 |
| 8 | 44 | + 14 | - 7 | 49 |
| 9 | 37 | + 7 | 0 | 0 |
| 10 | 32 | + 2 | + 5 | 25 |
| | $\alpha_o = 58\ 13\ 30$ | + 73 | - 3 | 187 |

$$\frac{[\Delta x]}{n} = \frac{73}{10} = +7'' \quad \alpha' = \alpha_o + \frac{[\Delta \alpha]}{n} = 58^\circ 13' 37''$$

Средната квадратна грешка на поединечното мерење е:

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{187''}{9}} = 4''.6.$$

Средната квадратна грешка на проста аритметичка средина е:

$$m_L = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{4''.6}{\sqrt{10}} = 1''.5$$

Пример 5.7: Средната грешка на најверојатната вредност на аголот кој е измерен во 8 гируси изнесува $m_\alpha = 1''.6$. Да се пресмета средната грешка на аголот измерен во еден гирус.

Решение:

Од равенката (5.58.) следува дека е:

$$m = m_L \cdot \sqrt{n} = 1''.6 \cdot \sqrt{8} = 4''.5.$$

Пример 5.8: Нека една должина е измерена со челична лента пет пати со иста точност. Резултатите од мерењата се прикажани во табела 5.3. Да се пресмета најверојатната вред-

ност на должината, средната грешка на поединечното мерење, како и средната грешка на најверојатната вредност.

Табела 5.3.

| Реден број на мерењето | Вредност на должината l [m] | $\Delta l_i = l_i - l_o$ [cm] | $v_i = L - l_i$ [cm] | v_i^2 [cm] |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| 1 | 255.55 | + 6 | + 2 | 4 |
| 2 | 255.49 | 0 | + 8 | 64 |
| 3 | 255.61 | + 12 | - 4 | 16 |
| 4 | 255.58 | + 9 | - 1 | 1 |
| 5 | 255.60 | + 11 | - 3 | 9 |
| | $l_o = 255.49$ | + 38 | + 2 | 94 |

$$\frac{[\Delta l]}{n} = \frac{38}{5} = +8\text{cm} \quad L = L_o + \frac{[\Delta l]}{n} = 255.57\text{m}$$

Средната квадратна грешка на одделното мерење е:

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{94}{4}} = 5\text{cm} = 0.05\text{m}.$$

Срдната квадратна грешка на проста аритметичка средина е:

$$m_L = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{0.05}{\sqrt{5}} = 0.02\text{m}.$$

5.6.3. Израмнување на резултатите од директните мерења со различна точност

Кога мерењата не се извршени со иста точност, за нејверојатна вредност не може да се усвои проста аритметичка средина. Мерењата со различна точност мора да имаат различно влијание на одредувањето на најверојатните вредности на мерената големина. Поточното мерење мора повеќе да влијае на конечниот резултат и обратно. Тоа практично значи: ако мерењата се поточни, тогаш имаат поголема тежина, па според тоа и поголемо влијание на одредувањето на најверојатните вредности. Во тој случај најверојатната вредност не се одредува по

принципот на проста аритметичка средина, туку се користи општа аритметичка средина.

А) Тежини

Земаме низа на мерења L_1, L_2, \dots, L_r , чии вредности се одредени со различна точност, односно со различни средни квадратни грешки:

$$m_1 \neq m_2 \neq \dots \neq m_r.$$

Да претпоставиме дека вредностите L_1, L_2, \dots, L_r , се одредени по принципот на проста аритметичка средина: од мерења со иста точност:

$$L_1 = \frac{[l]_1}{n_1}, \quad L_2 = \frac{[l]_2}{n_2}, \quad \dots \quad L_r = \frac{[l]_r}{n_r}.$$

Според формулата (5.58.), средните грешки на овие големи-ни ќе бидат:

$$m_1 = \frac{m}{\sqrt{n_1}}, \quad m_2 = \frac{m}{\sqrt{n_2}}, \quad \dots, \quad m_r = \frac{m}{\sqrt{n_r}}. \quad (5.70.)$$

Ако $n_1 > n_2$ тогаш $m_1 < m_2$. Тоа практично значи дека е поголема точноста на големината L_1 отколку на L_2 . Бидејќи има поголема точност, големината L_1 заслужува поголема доверба, односно има поголема тежина. Во овој конкретен случај броевите n_1, n_2, \dots, n_r , имаат влијание на тежина:

$$p_1, p_2, \dots, p_r. \quad (5.71.)$$

Кога тоа ќе се земе предвид, равенките (5.70.) може да се напишат:

$$m_1 = \frac{m}{\sqrt{p_1}}, \quad m_2 = \frac{m}{\sqrt{p_2}}, \quad \dots, \quad m_r = \frac{m}{\sqrt{p_r}}. \quad (5.72.)$$

Во овие изрази се јавува исто m , која е константна вредност:

$$p_1 m_1^2 = p_2 m_2^2 = \dots = p_r m_r^2 = k = m^2 = const \quad (5.73.)$$

па тежините може да се дефинираат како количник од константата k и квадратот од средната квадратна грешка на онаа големина на која се однесува тежината:

$$p_i = \frac{k}{m_i^2}. \quad (5.74.)$$

Ако со m_0 се означи средната грешка на единица тежина, т.е. средната грешка која се однесува на стварно или фиктивно мерење, чијашто тежина е $p_i=1$, тогаш е:

$$1 = \frac{k}{m_0^2},$$

односно $k = m_0^2$. Кога тоа ќе се земе предвид, тежините може да се дефинираат и на следниов начин:

$$p_i = \frac{m_0^2}{m_i^2},$$

односно:

$$m_i = \frac{m_0}{\sqrt{p_i}}. \quad (5.75.)$$

Кога се врши оценување на точноста на мерењата со различна точност, средната квадратна грешка на единица тежина m_0 е заедничка мерка на оцена на точноста на таквите мерења. Затоа секогаш најпрвин се одредува тоа, а потоа врз основа на изразот (5.75.) и средните грешки на поединечните мерења. Средната грешка на единица тежина m_0 се однесува на стварно или фиктивно мерење, чијашто тежина е еднаква на еден $p_0=1$.

За одредување на тежина најдобро е да се користи формулата (5.74.). Ако се бара тежина за некоја големина, доволно е да се познава само средната квадратна грешка m_i , а за константа k може да се избере сосема произволна вредност. Најчесто тоа се позитивните броеви: 1, 10, 100 итн. или, пак, некоја сосема друга вредност која може да се усвои сосема произволно. Од практични причини, најдобро е за константата k да се усвои

таква вредност што тежините ќе бидат приближно еднакви на единица ($p_i \approx 1$). Од изразот (5.75.) следува:

$$m_1 \cdot \sqrt{p_1} = m_2 \cdot \sqrt{p_2} = \dots = m_n \cdot \sqrt{p_n} = m_0.$$

Б) Ојшџа ариџмеџчка средина

Нека една големина е измерена n пати со различна точност, односно со различни тежини:

$$l_1, l_2, \dots, l_n,$$

$$p_1, p_2, \dots, p_n.$$

Најверојатната вредност се одредува по принципот на општа аритметичка средина:

$$L = \frac{l_1 \cdot p_1 + l_2 \cdot p_2 + \dots + l_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{[lp]}{[p]}. \tag{5.76.}$$

Доказ:

$$p_1 \cdot v_1^2 = p_1 \cdot L^2 - 2 \cdot L \cdot p_1 \cdot l_1 + p_1 \cdot l_1^2,$$

$$p_2 \cdot v_2^2 = p_2 \cdot L^2 - 2 \cdot L \cdot p_2 \cdot l_2 + p_2 \cdot l_2^2,$$

... ..

$$p_n \cdot v_n^2 = p_n \cdot L^2 - 2 \cdot L \cdot p_n \cdot l_n + p_n \cdot l_n^2,$$

$$[pv^2] = [p] \cdot L^2 - 2 \cdot L \cdot [pl] + [pl^2]$$

Од условот $[pv^2] = \min$ следува:

$$[pv^2] = 2 \cdot L \cdot [p] - 2 \cdot [pl] = 0.$$

При што произлегува дека:

$$L = \frac{[pl]}{[p]}.$$

Со тоа доказот е завршен.

Треба да се забележи дека простата аритметичка средина е специјален случај на општа аритметичка средина. Кога мере-

њања се од иста точност, тогаш тежините меѓусебно се еднакви: $p_1 = p_2 = \dots = p_n = 1$. Земајќи го тоа предвид, непосредно од изразот (5.76.) се добива проста аритметичка средина:

$$L = \frac{[l]}{n}.$$

Напомена: Слично како кај простата аритметичка средина, изразот (5.76.) може да се сведе на поповолен облик за практични пресметувања.

Од низата на резултати на мерењата l_1, l_2, \dots, l_n , се усвојува најмалата вредност за приближна вредност, што не мора да биде правилно:

$$L_o = l_i \text{ min.} \quad (5.77.)$$

Следува:

$$\begin{aligned} l_1 &= L_o + \Delta l_1, \\ l_2 &= L_o + \Delta l_2, \\ \dots &\dots \dots \\ l_n &= L_o + \Delta l_n. \end{aligned} \quad (5.78.)$$

Ако изразот (5.78.) се вметне во (5.76.) ќе добиеме:

$$L = \frac{p_1 \cdot L_o + p_1 \cdot \Delta l_1 + p_2 \cdot L_o + p_2 \cdot \Delta l_2 + \dots + p_n \cdot L_o + p_n \cdot \Delta l_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n},$$

односно:

$$L = \frac{L_o(p_1 + p_2 + \dots + p_n) + (p_1 \cdot \Delta l_1 + p_2 \cdot \Delta l_2 + \dots + p_n \cdot \Delta l_n)}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}.$$

или:

$$L = L_o + \frac{p_1 \cdot \Delta l_1 + p_2 \cdot \Delta l_2 + \dots + p_n \cdot \Delta l_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = L_o + \frac{[p\Delta l]}{[p]}. \quad (5.79.)$$

5.6.3.2. Својсџва на опшџтаа ариџметџчка средина

Својсџво I. Збирот на производот на тежината и отстапувањата од општите аритметџчки средини (поправки) еднаков е на нула, т.е.:

$$[pv] = 0. \tag{5.80.}$$

Доказ: Поправките:

$$\begin{array}{l} v_1 = L - l_1 \quad | \quad p_1 \\ v_2 = L - l_2 \quad | \quad p_2 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \\ v_n = L - l_n \quad | \quad p_n \end{array}$$

ќе ги помножиме со соодветните тежини:

$$\begin{array}{l} p_1 \cdot v_1 = p_1 \cdot L - p_1 \cdot l_1 \\ p_2 \cdot v_2 = p_2 \cdot L - p_2 \cdot l_2 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \\ p_n \cdot v_n = p_n \cdot L - p_n \cdot l_n \end{array}$$

а потоа овие равенџки ќе се соберат:

$$[pv] = L \cdot [p] - [pl]. \tag{5.81.}$$

Со замена на изразот (5.76.) во (5.81.) се добива:

$$[pv] = \frac{[pl]}{[p]} \cdot [p] - [pl] = 0.$$

што и требаше да се докаже.

Ова својство на општата аритметџчка средина се користи како контрола на пресметувањето на општата аритметџчка средина. Ако $[pl]$ е деливо со $[p]$ без остаток, тогаш сумата $[pv]$ ќе биде еднаква на нула. Во спротивно, може да се појави некој број кој приближно е нула:

$$[pv] \approx 0.$$

Сумата $[pv]$ може да отстапи од нула најмногу за неколку децимални места, така што тоа ќе одговара на половина од сумата на тежините $[p]/2$. На пример ако $[p]=14$, а се пресметува на 2 децимални места, тогаш сумата треба да биде $[pv] \leq 0.07$.

Значи, $[pv] \leq 1/2 \cdot [p] \cdot 10^{-r}$, каде што p е број на децимални места.

Својство II. Општата аритметичка средина нема да ја промени вредноста доколку сите тежини се помножат со произволен број различен од нула.

Доказ: Ако тежините p_1, p_2, \dots, p_n , се помножат со $a \neq 0$ т.е. $a \cdot p_1, a \cdot p_2, \dots, a \cdot p_n$ и истите вредности се вметнат во равенката (5.76.), добиваме:

$$L = \frac{a \cdot p_1 \cdot l_1 + a \cdot p_2 \cdot l_2 + \dots + a \cdot p_n \cdot l_n}{a \cdot p_1 + a \cdot p_2 + \dots + a \cdot p_n} = \frac{a \cdot [pl]}{a \cdot [p]} = \frac{[pl]}{[p]},$$

што и требаше да се докаже.

Одовде се изведува важен заклучок дека не е битна апсолутната вредност на тежините, туку нивниот меѓусебен релативен однос. Тоа значи дека сите тежини секогаш може да се помножат со произволна позитивна константа и тоа нема да има никакво влијание на конечниот резултат. Значи, вредностите на тежините може да се менуваат, но нивниот меѓусебен однос мора да остане ист:

$$p_1 : p_2 : \dots : p_n = p'_1 : p'_2 : \dots : p'_n,$$

каде што е:

$$p'_i = a \cdot p_i \quad (a > 0).$$

В) Средна грешка на ојшијата ариџмејичка средина

Општата аритметичка средина (5.76.) има облик на функцијата (5.41.):

$$L = \frac{p_1}{[p]} \cdot l_1 + \frac{p_2}{[p]} \cdot l_2 + \dots + \frac{p_n}{[p]} \cdot l_n,$$

каде што се:

$$a_1 = \frac{p_1}{[p]}, a_2 = \frac{p_2}{[p]}, \dots, a_n = \frac{p_n}{[p]},$$

константи, а l_1, l_2, \dots, l_n се променливи големини. Според равенката (5.43.) се добива средна грешка на општата аритметичка средина:

$$m_L^2 = \frac{p_1^2}{[p]^2} \cdot m_1^2 + \frac{p_2^2}{[p]^2} \cdot m_2^2 + \dots + \frac{p_n^2}{[p]^2} \cdot m_n^2. \quad (5.82.)$$

Со замена на изразот (5.75.) во (5.82.) се добива:

$$m_L^2 = \frac{p_1^2}{[p]} \frac{m_o^2}{p_1} + \frac{p_2^2}{[p]} \frac{m_o^2}{p_2} + \dots + \frac{p_n^2}{[p]} \frac{m_o^2}{p_n},$$

односно

$$m_L^2 = \frac{p_1}{[p]^2} \cdot m_o^2 + \frac{p_2}{[p]^2} \cdot m_o^2 + \dots + \frac{p_n}{[p]^2} \cdot m_o^2, \quad (5.83.)$$

или

$$m_L^2 = \frac{m_o^2}{[p]^2} \cdot (p_1 + p_2 + \dots + p_n) = \frac{m_o^2}{[p]^2} \cdot [p] = \frac{m_o^2}{[p]},$$

т.е.

$$m_L^2 = \frac{m_o^2}{\sqrt{[p]}}. \quad (5.84.)$$

Значи, средната грешка на општата аритметичка средина е еднаква на количникот на средната квадратна грешка на единица тежина и квадратен корен од сумата на тежините.

Кога равенката (5.75.) ќе се спореди со (5.84.), следува дека тежината на општата аритметичка средина:

$$P_L = [p].$$

Тежината на простата аритметичка средина ($p_1=p_2=\dots=p_n=1$) ќе биде:

$$P_L = n .$$

Ова непосредно се гледа од формулата (5.58.).

Г) Средна грешка на поединечно мерење

Средната грешка на поединечно мерење се пресметува според формулата (5.75.), т.е.

$$m_1 = \frac{m_o}{\sqrt{p_1}} .$$

Средната грешка на некое мерење е еднаква на количникот од средната грешка на единица тежина и квадратниот корен од тежината на тоа мерење.

Д) Средна грешка на единица тежина

Ќе ги помножине равенките (5.63.) со соодветните тежини:

$$\begin{aligned} p_1 \cdot \varepsilon_1^2 &= p_1 \cdot (L - A)^2 + p_1 \cdot v_1^2 - 2 \cdot p_1 \cdot (L - A) \cdot v_1, \\ p_2 \cdot \varepsilon_2^2 &= p_2 \cdot (L - A)^2 + p_2 \cdot v_2^2 - 2 \cdot p_2 \cdot (L - A) \cdot v_2, \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ p_n \cdot \varepsilon_n^2 &= p_n \cdot (L - A)^2 + p_n \cdot v_n^2 - 2 \cdot p_n \cdot (L - A) \cdot v_n, \end{aligned} \tag{5.85.}$$

а потоа ќе ги собереме овие равенки:

$$[p\varepsilon^2] = [p] \cdot (L - A)^2 + [pv^2] - 2 \cdot (L - A) \cdot [pv],$$

односно:

$$[p\varepsilon^2] = [p] \cdot (L - A)^2 + [pv^2], \tag{5.86.}$$

зато што е:

$$[pv] = 0 .$$

Најнапред да го вметнеме изразот (5.67.) во (5.86.):

$$[p\varepsilon^2] = [p] \cdot m_L^2 + [pv^2], \tag{5.87.}$$

а потоа (5.84.) во (5.87.):

$$[p\varepsilon^2] = [p] \cdot \frac{m_o^2}{[p]} + [pv^2],$$

односно:

$$[p\varepsilon^2] = m_o^2 + [pv^2]. \quad (5.88.)$$

Средната грешка на единица тежина се пресметува од вистинските грешки врз основа на равенката (5.8.). Оваа формула се користи кога вистинските грешки се однесуваат на мерења со иста точност. Ако мерењата се со различна точност наместо (5.8.) треба да се користи:

$$m_o^2 = \frac{[p\varepsilon^2]}{n}. \quad (5.89.)$$

Кога (5.89.) ќе се вметне во (5.88.), се добива:

$$n \cdot m_o^2 = m_o^2 + [pv^2],$$

односно

$$m_o^2 \cdot (n - 1) = [pv^2],$$

или

$$m_o^2 = \frac{[pv^2]}{n - 1},$$

т.е.

$$m_o = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n - 1}}, \quad (5.90.)$$

при што n е бројот на мерењата, $(n - 1)$ е број на прекубројни мерења, а 1 е број на неопходни мерења.

Кога средната грешка на единица тежина m_o е пресметана од мал број на податоци, тогаш и таа ќе има своја сопствена грешка:

$$m_{m_o} = \frac{m_o}{\sqrt{2 \cdot (n-1)}},$$

како и средна грешка на општата аритметичка средина:

$$m_{m_L} = \frac{m_L}{\sqrt{2 \cdot (n-1)}}.$$

Средната грешка на единица тежина m_o секогаш се однесува на некоја големина која може произволно да се избере, битно е таквата големина да има тежина која е еднаква на единица. Секако, најдобро е да се однесува на некоја реална големина. На пример, ако таа се користи за некоја линеарна големина, најдобро е да се однесува на вредност на должина од 1 km итн. Тогаш, средната грешка на единица тежина, во суштина, би одговарала на средната грешка на единица должина (1 km, 1 m итн.).

Пример 5.9: Аголот α е измерен три пати со различна точност, а резултатите од мерењата се прикажани во табела 5.4.

Да се пресмета најверојатната вредност на аголот α , средната грешка на единица тежина, како и средната грешка на најверојатната вредност.

Табела 5.4.

| Ред бр. | Мерење α_i | Тежина p_i | $\Delta\alpha_i$ | $p_i \cdot \Delta\alpha_i$ | v_i | $p_i \cdot v_i$ | $p_i \cdot v_i^2$ |
|--------------|-------------------|--------------|------------------|----------------------------|-------|-----------------|-------------------|
| 1 | 56 17 18 | 2 | 0 | 0 | +3 | +6 | 18 |
| 2 | 28 | 1 | +10 | +10 | -7 | -7 | 49 |
| 3 | 21 | 2 | +3 | +6 | 0 | 0 | 0 |
| $\alpha_o =$ | 56 17 18 | 5 | | +16 | | -1 | 67 |

$$\Delta\alpha_i = \alpha_i - \alpha_o, \quad v_i = \alpha' - \alpha_i$$

$$\frac{[p\Delta\alpha]}{[p]} = \frac{+16}{5} = +3'' \qquad \alpha' = \alpha_o + \frac{[p\Delta\alpha]}{[p]} = 56^\circ 17' 21''$$

Средна квадратна грешка на единица тежина е:

$$m_o = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{67}{2}} = 5''.8.$$

Средна квадратна грешка на најверојатната вредност:

$$m_\alpha = \frac{m_o}{\sqrt{[p]}} = \frac{5''.8}{\sqrt{5}} = 2''.6.$$

Пример 5.10: Нека една должина е измерена три пати со различна точност. Резултатите од мерењата се дадени во таб. 5.5. Да се одреди најверојатната вредност на мерената должина и нејзината средна квадратна грешка.

Табела 5.5.

| Ред бр. | Мерење l_i m | Тежин а p_i | Δl_i cm | $p_i \cdot \Delta l_i$ cm | v_i cm | $p_i \cdot v_i$ cm | $p_i \cdot v_i^2$ cm |
|---------|-------------------|---------------|--------------------|------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | 276.88 | 1.25 | + 6 | 7.50 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 276.93 | 1.00 | + 11 | 11.00 | - 5 | - 5 | 25.00 |
| 3 | 276.82 | 0.80 | 0 | 0 | + 6 | 4.80 | 28.80 |
| $L_o =$ | 276.82 | 3.05 | | 18.50 | | - 0.20 | 53.80 |

$$\Delta l_i = l_i - L_o, \quad v_i = L - l_i$$

$$\frac{[p\Delta l]}{[p]} = \frac{18.50}{3.05} = +6 \text{ cm} \quad L = L_o + \frac{[p\Delta l]}{[p]} = 276.88 \text{ m}$$

Средна квадратна грешка на единица тежина е:

$$m_o = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{53.80}{2}} = 5.2 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}.$$

Средна квадратна грешка на најверојатната вредност:

$$m_L = \frac{m_o}{\sqrt{[p]}} = \frac{5.2}{\sqrt{3.05}} = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}.$$

Пример 5.11: Надморската височина на реперот одредена е од три мерења кои меѓусебно се со различна точност. Резултатите од мерењата се прикажани во таб. 5.6. Да се пресмета најверојатната вредност на надморската височина на реперот.

Табела 5.6.

| Ред бр. | Над. вис. H_i m | Тежин а p_i | ΔH_i cm | $p_i \cdot \Delta H_i$ cm | v_i cm | $p_i \cdot v_i$ cm | $p_i \cdot v_i^2$ cm |
|---------|-------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | 110.38 | 1.1 | + 10 | + 11.0 | - 6 | - 6.6 | 39.6 |
| 2 | 110.31 | 2.0 | + 3 | + 6.0 | + 1 | + 2.0 | 2.0 |
| 3 | 110.28 | 1.2 | 0 | 0 | + 4 | + 4.8 | 19.2 |
| $H_o =$ | 110.28 | 4.3 | | | | + 0.2 | 60.8 |

$$\Delta H_i = H_i - H_o, \quad v_i = H - H_i$$

$$\frac{[p\Delta H]}{[p]} = \frac{17.0}{4.3} = +4 \text{ cm} \quad H = H_o + \frac{[p\Delta H]}{[p]} = 110.32 \text{ m}$$

Средна квадратна грешка на единица тежина е:

$$m_o = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{60.8}{2}} = 5.5 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}.$$

Средна квадратна грешка на најверојатната вредност:

$$m_L = \frac{m_o}{\sqrt{[p]}} = \frac{5.5}{\sqrt{4.3}} = 2.7 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}.$$

Кога се применува општа аритметичка средина мора да се одредат тежините p_i .

Тежините за висинските разлики се одредуваат според формулата:

- за геометриски нивелман:

$$p_i = \frac{1}{s_i};$$

- за тригонометриски нивелман:

$$p_i = \frac{1}{s_i^2} \text{ - кога страната е мерена двострано;}$$

$$p_i = \frac{1}{2 \cdot s_i^2} \text{ - кога страната е мерена еднострано;}$$

каде што s е измерената должина.

Должините s треба да бидат изразени во такви единици што вредностите на тежината да бидат што поблиски до единица.

6. МЕРЕЊЕ НА ДОЛЖИНИ

6.1. МЕРЕЊЕ НА ДОЛЖИНИ СО ЛЕНТА

Должините секогаш, кога е тоа можно, се мерат директно на терен со помош на специјални инструменти и прибор. Мерењата што се одвиваат при различни надворешни услови и по однапред утврдена постапка ги нарекуваме методи на работа. Од прецизноста на инструментот, погодноста на надворешните услови, методите на работа и искуството на операторот, зависи точноста на мерењето на должините. Распонот на точноста со која се мерат должините е доволно голем и се движи од 1 mm па до неколку дециметри. Кога должините се мерат со голема прецизност, истите се мерат со прецизност до 1 mm, а при понеточните (грубите) работи до неколку дециметри. За секоја задача од областа на геодезијата однапред се дефинира точноста на мерењето на должините, па во зависност од дефинираната точност се избираат методите и инструментите за мерење, со кои ќе се исполни дефинираната точност.

Должините се одредуваат (мерат) непосредно (директно) на терен или, пак, посредно (индиректно). Непосредното одредување на должините се врши со помош на:

- полски или рачни ленти;
- прецизни ленти;
- инварски жици.

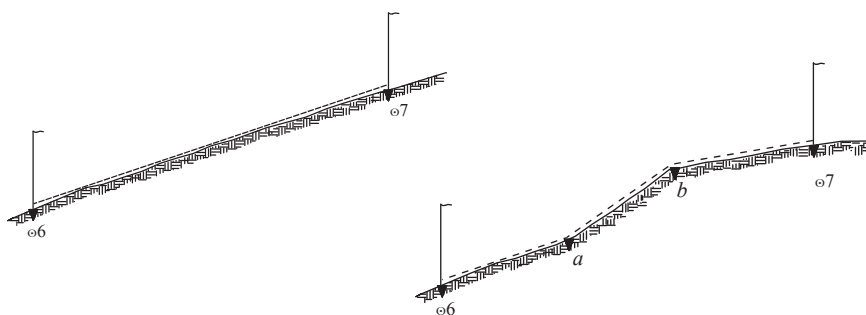
Должините се одредуваат посредно со помош на:

- оптички далечиномери;
- електрооптички далечиномери;
- радиодалечиномери;
- Глобален систем за позиционирање (GPS).

Приборот за мерење на должини е едноставен и со него располага секоја работна организација која врши премер на земјиштето или негово одржување.

6.1.1. Профил на теренска должина

Профил (надолжен) на теренската должина претставува пресекот на теренот со вертикалната рамнина која ги содржи нејзините крајни точки. Должината на теренот може да биде со едноличен или со различен пад (сл. 6.1.). Местото каде што се менува падот на должината на теренот се нарекува прекршна точка на должината (сл. 6.1*b*). Прекршните места на земјен терен се обележуваат со дрвени колци или клинови забиени во теренот, а, пак, на асфалт или бетон се обележуваат со заострени челични прачки (болцни). Должината на болцната е од 40 до 60 см, со дебелина 6 – 10 mm. Ако профилот на должината е со ист пад и ако притоа крајните точки се на иста висина, велиме дека должината е хоризонтална.



Сл. 6.1. Профил на должина со едноличен и различен пад.

Профилот на должината се црта со слободна процена на стручно лице, т.е. цртањето се врши врз основа на директно набљудување на теренот. За цртање на профилот на должината, потребно е да се определи: која точка е повисока, а која пониска; и да се назначат местата каде што теренот има прекршни точки во висинска смисла. При цртањето на профилот треба да настојваме изгледот на должината да одговара колку што може повеќе на вистинскиот профил на теренот. Бидејќи промената на висината на точките на правецот на должината е многу помала од промената на должината, при цртањето се смалува (карикира) изгледот на должината, односно повеќе треба да се истакнат промените на висината отколку што е тоа реално. Крајните точки на должината во профилот се цртаат

така што изгледот на нивните белеги да одговара на нивниот облик во природата. Крајните точки на профилот на должината се означуваат со соодветни броеви на точките, додека прекршните се означуваат со мали букви од азбуката или абецедата. Положбата на лентата на мерената должина се означува со испрекинатата линија.

6.1.2. Мерење на должини

Под поимот мерење на должини се подразбира постапка со која се добива број кој означува колку пати основната единица за должина (на пр. 1 m) се содржи во мерената должина. Со помош на полска лента должината може да се мери со зголемена или обична точност. Мерењето на должините со зголемена точност се изведува со посебна подготовка на теренот и по посебна постапка. Ваквото мерење е многу бавно и неекономично, па затоа овој начин на мерење е веќе напуштен, па денес за мерења од овој тип се користат електронски далечиномери.

Мерењето на должините на обичен начин понатаму ќе го нарекуваме мерење на должини со лента. Постапката на мерењето е едноставна, но треба да се разликуваат случаите кога на правецот на должината има или нема прекршни точки во висинска смисла. Екипата за мерење на должини треба да ја сочинуваат: едно стручно лице и две помошни лица (фигуранти). Приборот кој е потребен за мерење се состои од: полска лента, три значки, клинови – бројачи и два триножници за држење на значките.

Сите должини на теренот на геодетските подлоги се прикажуваат во хоризонтална проекција. За да се дојде до хоризонталните проекции на должините, истите може да се мерат на два начини. На првиот начин се мерат должините на косите отсечки, па со пресметување се одредуваат нивните хоризонтални проекции, а на другиот начин веднаш се мерат хоризонталните отсечки.

Првиот начин се нарекува мерење на терен или косо мерење, а вториот начин хоризонтално мерење. Кој од овие начини ќе се користи зависи од: должината на отсечката, од ситуацијата на теренот (дали теренот е рамен, стрмен, испресечен и сл.), од видот на приборот со кој располагаме и од бараната точност.

А) Мерење на должини без прекршни

Кога должината нема прекршни точки, пред самиот почеток на мерењето крајните точки на должината треба да се сигнализираат со значки (вертикално поставени). Предниот фигурант ја носи значката за доведување на лентата во насока на мерењето на должината, едниот прстен со клинови, и го влече предниот крај од лентата. Задниот фигурант ја размотува лентата, ја носи металната рамка на лентата и празниот прстен за собирање на клиновите – бројачи. Кога лентата е размотана, задниот фигурант го доведува предниот фигурант со значката во насока на мерената должина. Потоа се исправа лентата така што со целата своја должина да лежи на теренот и да биде во насока.

Задниот фигурант го држи крајот на лентата зад точката на растојание од 3 до 5 cm и гласно издава команда „затегни“. Тогаш предниот фигурант почнува рамномерно да ја затегнува лентата со сила приближна од 9,8 N (10 kg). Кога задниот крај на лентата ќе дојде на растојание на 1 cm до центарот на белегата, задниот фигурант издава нова команда „внимавај“, а кога крајот на лентата ќе дојде на центарот на белегата, издава друга команда „бележи“. На командата „бележи“, предниот фигурант забодува клин – бројач покрај ознаката за крај на лентата и во истиот момент објавува „готово“. Дури тогаш лентата може да се попусти. Ако се мери на терен каде не е можно да се забие клин – бројач, крајот на лентата се обележува со креда во боја (бела, црвена, сина и сл.) при што линијата мора да биде повлечена нормално на мерената должина. Покрај лентата се повлекува уште една линија во насока на лентата со што се формира ознака Т. Пресекот на овие две линии е место каде се држи почетокот на наредната лента. Покрај ознаката Т се ста-

ва клин – бројач. По обележувањето на крајот од првата лента, таа се преместува напред во насока на мерената должина.

Задниот фигурант го држи почетокот на лентата покрај клинот – бројач, со којшто е одбележан крајот на првата лента, и му дава знак на предниот фигурант да ја доведе лентата во правецот на должината, да ја затегнува внимателно (исто така на знак) и со бројач да го одбележи крајот на втората лента. При повторното преместување на лентата, задниот фигурант го реди клинот – бројач на рамката (алката) што го носи со себе. Таквата постапка се повторува сè додека не се дојде до преостанатиот дел од отсечката, кој има должина помала од должината на една цела лента. Тој дел од отсечката се нарекува остаток на должината. Поставањето на лентата се врши на истиот начин како и претходно, само што изречената команда „бележи“ се заменува со командата „читај“. Наместо обележувањето на крајот на лентата, стручното лице го чита остатокот на должината. Ако горната површина на белегата е во висина со теренот, остатокот на должината се чита директно на центарот на белегата. Доколку белегата е под нивото на теренот, проектирањето на центарот на белегата треба да се изврши со помош на висок. Во тој случај покрај крајот на високот се врши отчитување на крајот на лентата, се мери висината од горната површина на белегата до крајот на лентата, односно се мисли колку лентата е издигната над центарот на белегата. Таа висина се внесува на цртежот за надолжниот профил на должината. Вкупната должина на отсечката ќе се добие: кога бројот на цели ленти (искористени при мерењето) ќе се помножи со должината на лентата (номиналната должина) и кон тоа ќе се придодаде измерениот остаток.

На пример, ако номиналната должина на лентата изнесува 50,00 m и ако при мерењето таа била користена трипати со цела должина, т.е. ако задниот работник собрал три клинови – бројачи и ако остатокот изнесува 22,45 m, тогаш вкупната должина ќе изнесува: $3 \times 50,00 \text{ m} + 22,45 \text{ m} = 172,45 \text{ m}$.

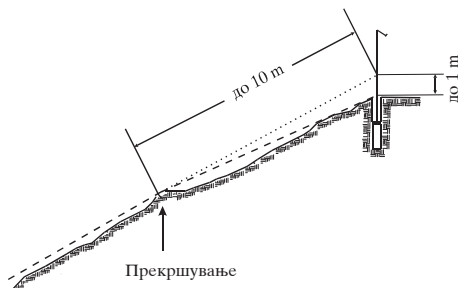
За контрола и зголемување на точноста, по правило, секоја должина се мери во две насоки. По завршеното прво мерење (мерење напред), се врши мерење на должината и во спротивна насока (мерење назад), односно второ мерење. Како дефини-

тивна вредност се зема аритметичката средина од двете мерења, доколку разликата меѓу нив не ја надминува дозволената граница.

Б) Мерење на должини со прекршни

Кога должината која се мери нема едноличен наклон, во тој случај се вели дека теренот има прекршни точки во висинска смисла. Местото на прекршување на теренот во висинска смисла се нарекува прекршна точка. Пред почетокот на мерењето на должината треба да се изврши обележување на прекршните точки. На правецот на мерената должина може да има повеќе прекршни точки. Прекршните точки на земјен терен се обележуваат со колци и тоа со димензии 5 x 5 x 20–30 cm, а на тврд терен (асфалт, бетон и сл.) со железни болцни.

Сигнализирањето на прекршните точки во насока на мерената должина се врши со помош на значки. На крајните точки, прекршните точки можат да се избегнат со издигнување на лентата. Должината на лентата, која се издигнува во воздухот, не смее да изнесува повеќе од 10 m, а на крајот на должината лентата не смее да се издигне повеќе од 1 m (сл. 6.2.).



Сл. 6.2. Издигнување на лентата.

Должината со една или повеќе прекршни точки може да се мери на два начини, и тоа: од прекршна до прекршна (дисконтинуирано) или непрекинато (континуирано). Мерењето на должини од прекршна до прекршна се применува во потешки теренски услови или при поголем наклон на теренот во надолжниот профил, а особено ако краевите на лентата не можат да се обележат (котлина, река, недостапно место и сл.).

Секој дел од растојанието се мери одделно, т.е. од почетната точка до прекршната „ a “, потоа од прекршната „ a “ до прекршната „ b “ и на пример, од прекршната „ b “ до крајната точка. Истата постапка се применува и при мерењето на должини во спротивна насока, со тоа што во овој случај се оди по обратен редослед (од крајната точка на растојанието до прекршната „ b “, итн.).

Вториот начин на мерење на должини се применува во полесни теренски услови и при помали наклони на деловите, меѓу крајните точки и прекршните. Постапката при мерењето е идентична со мерењето на должини без прекршни точки. Разликата е во тоа што на лентата која минува преку прекршната точка треба да се прочита растојанието меѓу прекршната точка и почетната точка во насока на мерењето во континуитет или апсцисно растојание.

6.1.3. Записник за мерење на должини

Истовремено со мерењето на должините, податоците од мерењето се запишуваат во соодветен записник кој се нарекува тригонометриски образец бр. 18 (прилог бр. 1). Пред почетокот на мерењето, на посебно место во записникот (колона 8) се црта надолжниот профил на должината, положбата на лентата во текот на мерењето и со што се означени крајните точки на растојанието. Целата лева страна од записникот служи за запишување на податоците од мерењата, а десната страна од колона 12 служи за пресметувачки операции за редукација на косо измерените должини на хоризонтот.

Во прилогот 1 прикажано е директно косо мерење на должините на неколку растојанија: без прекршни и со прекршни.

На овој пример ќе го објасниме текот и начинот на запишување на податоците.

Во колона 1 се запишуваат броевите и топографските ознаки на крајните точки. Колоните 2, 3 и 4 служат за запишување на податоците од првото мерење (мерење напред) и тоа во колона 2 со вертикални црти се означува колку пати при мере-

њето е користена целата должина на лентата. Во колоната 3 се запишуваат читањата на лентата, а во колона 4 се формираат апсцисните вредности од почетната точка на растојанието до следната прекршна, како и вкупната должина на растојанието. Колоните 5, 6 и 7 се користат на истиот начин за запишување на податоците од мерењата во спротивна насока (мерење на-зад). Колоната 8 служи за цртање на надолжниот профил на теренот. Во колоната 9 се запишува категоријата на теренот која ја одредува геодетското стручно лице, а во колоната 10 разликата меѓу вкупната должина од првото и од второто мерење, како и податокот за дозволеното отстапување. Во колоната 11 се формира аритметичка средина од двете мерења ако разликата е во дозволени граници. Дозволените разлики на мерењата на должините напред – назад зависат од категоријата на теренот и должината и изнесуваат:

$$\text{I категорија: } \Delta_I = \pm 0,0070 \cdot \sqrt{S} + \dots + \dots;$$

$$\text{II категорија: } \Delta_{II} = \pm 0,0090 \cdot \sqrt{S} + \dots + \dots;$$

$$\text{III категорија: } \Delta_{III} = \pm 0,0120 \cdot \sqrt{S} + \dots + \dots.$$

каде што S е вкупната должина изразена во метри.

Дозволеното отстапување Δ се добива во метри.

6.1.4. Поправки при мерењето на должини

А) Поправка за комјарација

Пред секоја употреба лентата мора да се *комјарира*, односно мора да се одреди нејзината должина. Често пати должината која е одредена при компарирањето не е идентична со нејзината *номинална должина*. Номиналната вредност на лентата ја дава произведувачот и таа е назначена на самата лента. Номиналната должина на лентата се однесува на должината на лентата која ја имала на температура од 20 °C. Работната должина на лентата се одредува со нејзино споредување (компарирање) со позната должина (компаратор). Со помош на компарирањето на лентата се добива работната должина на лен-

тата која може да биде помала или поголема од номиналната. Во постапката на мерењето на должината треба да се поправи за вредноста:

$$\Delta S_k = \frac{l_R - l_N}{l_N} \cdot S \quad (6.1.)$$

каде што:

S - вредност на измерената должина;

l_R - работна вредност на лентата;

l_N - номинална вредност на лентата.

Поправената должина се добива:

$$S' = S + \Delta S_k. \quad (6.2.)$$

Пример 6.1: Со помош на компаратор е утврдено дека должината на лентата изнесува $l_R = 49,985m$. Да се пресмета поправката за измерената должина чија вредност изнесува $252,76 m$.

Поправка:

$$\Delta S_k = \frac{49,985 - 50,000}{50,000} \cdot 252,76 = -0,08m.$$

Поправена должина:

$$S' = S + \Delta S_k = 252,68m.$$

Б) Поправка за редуција

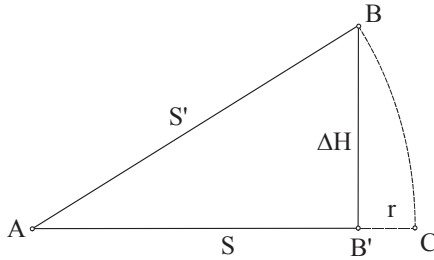
Веќе споменавме дека при мерењето на должини со помош на лента се мерат најчесто коси должини на теренот. За понатамошна обработка потребни се хоризонталните растојанија каде што треба да се изврши проекција на косо мерените должини на хоризонтална рамнина, или како што се вели во геодезијата: косо мерената должина треба да се редуцира на хоризонт.

Од сликата 6.8. следува дека вредноста на мерената должина ќе се намали за вредноста на редуцијата r

$$S = S' - r \quad (6.3.)$$

каде што:

- S - редуцирана вредност на косо мерената должина;
- S' - косо мерена должина;
- r - редуција.



Сл. 6.3. Редуција на косо мерена должина.

За пресметување на редуцијата r , освен вредноста на косо мерената должина, потребно е да се знае и вредноста на висинската разлика ΔH меѓу крајните точки на должината. Висинската разлика ΔH се мери на терен со помош на разни геодетски методи кои ќе бидат објаснети подоцна.

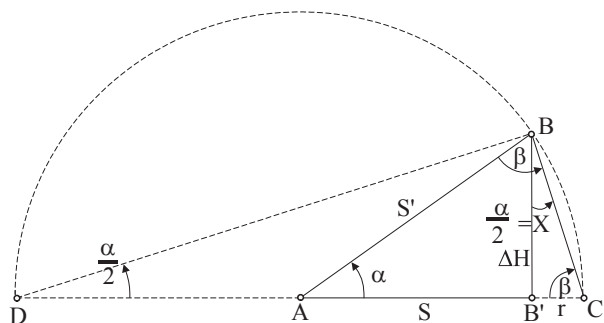
Б. 1) Точна формула за редуција на должини

Околу точката A опишуваме круг со радиус S' (сл. 6.4.). Ако аголот BAB' го означиме со α како централен агол над лакот BC , тогаш аголот BDC е периферен агол над истиот лак BC и изнесува $\alpha/2$. Аголот CBD над дијаметарот DC е прав агол. Аглиите CBB' и BDC меѓусебно се еднакви како агли со нормални краци. Од триаголникот $BB'C$ поставуваме тригонометриска равенка:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{\Delta H}, \quad (6.4.)$$

односно

$$r = \Delta H \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (6.5.)$$



Сл. 6.4. Точна формула за редуција.

Аголот α се одредува од триаголникот ABB' :

$$\sin \alpha = \frac{\Delta H}{S'} . \quad (6.6.)$$

Еднаквоста на аглиите CBB' и BDC може да се докаже и на друг начин. Од триаголникот ABC може да се постави равенката:

$$2 \cdot \beta + \alpha = 180^\circ . \quad (6.7.)$$

Со решавање на равенката (6.7) се добива:

$$\beta = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} . \quad (6.8.)$$

Од другиот правоаголен триаголник $BB'C$ следува:

$$\beta = 90^\circ - x . \quad (6.9.)$$

Бидејќи, левите страни на равенките (6.8.) и (6.9.) се исти, произлегува дека $x = \frac{\alpha}{2}$.

Доколку ја знаеме висинската разлика меѓу крајните точки за должината која се мери, освен на горенаведените начини за пресметување на редуцијата во практиката најчесто се пресметува хоризонталната должина со помош на примена на Питагоровата теорема на триаголникот $\triangle ABV'$ (сл. 6.3.).

Формулата за пресметување на хоризонталната должина пресметана со примена на Питагоровата теорема гласи:

$$S = \sqrt{S'^2 - \Delta H^2} . \quad (6.10.)$$

Пример 6.2: Одреди ја редукијата на косо мерената должина со помош на Питагоровата теорема ако е измерена коса должина на терен од $S' = 234,56 \text{ m}$ и висинска разлика меѓу крајните точки од $\Delta H = 2,36 \text{ m}$.

Решение:

$$S' = 234,56 \text{ m} \quad \Delta H = 2,36 \text{ m}$$

$$S = \sqrt{S'^2 - \Delta H^2} = \sqrt{(234,56 \text{ m})^2 - (2,36 \text{ m})^2} = 234,23 \text{ m} .$$

Б. 2) *Приближна формула за редукија на должини*

На триаголникот ABB' (сл. 6.9.) се применува Питагоровата теорема:

$$(S')^2 - S^2 = \Delta H^2 , \quad (6.11.)$$

односно

$$(S' - S)(S' + S) = \Delta H^2 \quad (6.12.)$$

или

$$r = S' - S = \frac{\Delta H^2}{S' + S} \approx \frac{\Delta H^2}{2S'} . \quad (6.13.)$$

За секој конкретен случај може лесно да се утврди дали за одредување на редукијата треба да се користи приближната формула. Вредноста на редукијата, пресметана по точната и приближната формула, може да се разликува најмногу за $\pm 1 \text{ cm}$. Кај поголемите висински разлики се појавува поголема разлика меѓу редукијата која е пресметана по точната и приближната формула. Во таквите случаи приближната формула за редукијата гласи:

$$r = \frac{\Delta H^2}{2 \cdot S'} + \frac{\Delta H^4}{8 \cdot S'^3} . \quad (6.14.)$$

Пример 6.3: Да се пресмета редукијата по точната и по приближната формула ако е:

$$S' = 196,27m \text{ и } \Delta H = +2,56m .$$

Решение:

$$\sin \alpha = \frac{\Delta H}{S'} = 0,0730 \Rightarrow \alpha = 0^\circ 45'$$

$$r = \Delta H \cdot \tan \frac{\alpha}{2} = 0,02m \qquad r = \frac{\Delta H^2}{2 \cdot S'} = \frac{6,55}{392,54} = 0,02m .$$

Пример 6.4: Да се пресмета редукацијата по точната и по приближната формула ако е:

$$S' = 66,86m \text{ и } \Delta H = +17,26m .$$

Решение:

$$\sin \alpha = \frac{\Delta H}{S'} = 0,2582 \Rightarrow \alpha = 14^\circ 57'$$

$$r = \Delta H \cdot \tan \frac{\alpha}{2} = 2,27m \qquad r' = \frac{\Delta H^2}{2 \cdot S'} = \frac{297,9076}{133,72} = 2,23m$$

$$r'' = \frac{\Delta H^4}{8 \cdot S'^3} = \frac{17,26^4}{8 \cdot 66,86^3} = 0,04m$$

$$r = r' + r'' = 2,23m + 0,04m = 2,27m .$$

Б. 3) Одредување на висински разлики

Со помош на геодетски методи, кои ќе бидат објаснети подоцна, се одредуваат висинските разлики ΔH_A^B меѓу горните површини на белегите на точките, при што истите се стабилизирани на терен. За редукација на должините потребни се висинските разлики ΔH меѓу крајните точки на мерената линија (крајните точки на лентата).

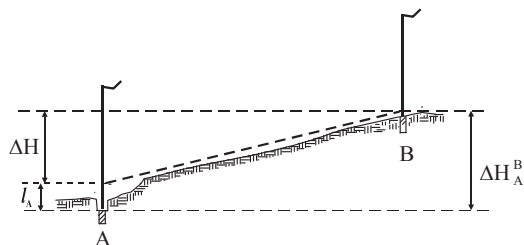
Од сликата 6.5. следува:

$$\Delta H = \Delta H_A^B - l_A ,$$

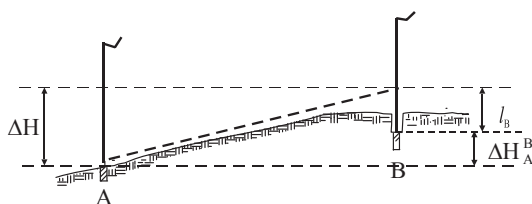
а од сликата 6.11. следува:

$$\Delta H = \Delta H_A^B + l_B .$$

Врз основа на овие едноставни примери може да се донесе заклучок:



Сл. 6.5. Издигнување на лентата.



Сл. 6.6. Издигнување на лентата.

- ако лентата се издигнува на пониската точка, апсолутната вредност на дадената висинска разлика треба да се намали за вредноста на издигнувањето на лентата, па така променетата висинска разлика се користи за пресметување на редуцијата;
- кога лентата се издигнува на повисоката точка, вредноста на висинската разлика треба да се зголеми за вредноста на издигнувањето на лентата, па потоа да се пресмета редуцијата.

Висинската разлика помеѓу крајните точки на должината може да биде позитивна или негативна, при што предзнакот нема влијание на редуцијата. Редуцијата секогаш е со негативен знак. И покрај ова, во тригонометрискиот образец 18, се внесува знакот на висинската разлика за да се види која точка е повисока или пониска за да може правилно да се внесат издигнувањата на лентата во висинската разлика за редуција.

Вредноста на должината е дадена до на 1 cm, па следува дека и редуцијата треба да се пресметува до на 1 cm, бидејќи нема потреба вредноста на редуцијата да се пресметува со поголема точност од точноста на читањето на лентата.

7. ГЕОДЕТСКИ ИНСТРУМЕНТИ

7.1. ТЕОДОЛИТ И НЕГОВИТЕ СОСТАВНИ ДЕЛОВИ

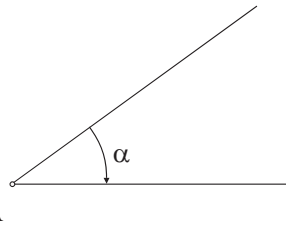
Теодолитот е геодетски инструмент наменет за мерење на агли. Со помош на теодолитот можат да се мерат хоризонтални и вертикални агли. Во зависност од конструкцијата, намената и точноста, разликуваме повеќе видови на теодолити. Со нив можат да се мерат агли со точност од 1' до 1", а кај прецизните геодетски работи и со поголема точност (на пр. 0.1").

7.1.1. Мерење на агли

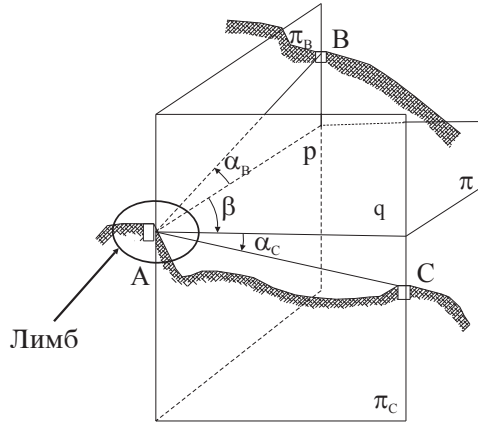
Агол е дел од рамнина кој е ограничен со две полуправи кои се сечат во точката A . Делот од рамнината кој се наоѓа меѓу полуправите се вика агол, полуправите се нарекуваат краци на аголот, а пресечната точка A е теме на аголот. Во геодезијата не интересира големината на аголот (неговата вредност), а тоа е мерка на ротирање, т.е. за колку треба левиот крак од аголот да се ротира во насока на движењето на стрелките на часовникот сè додека не се поклопи со десниот крак на аголот (сл. 7.1.). Агол кој е обележен на лист хартија се мери со помош на агломер на следниов начин: центарот на агломерот се поставува во темето на аголот. Ако поделбата на агломерот расте во насока на движењето на стрелките на часовникот, на левиот крак на аголот се поставува нулата на агломерот, на десниот крак се чита неговата вредност изразена во единици со кои е извршена поделбата на агломерот.

Во просторот аголот е дефиниран со помош на три геодетски точки A , B и C (сл. 7.2.) кои се стабилизирани со трајни или привременни белеги со означени центри. Точката A е теме на аголот, а полуправите AB и AC се краците на аголот. Бидејќи точките A , B и C се на различни надморски височини, низ нив

може да провлечеме една коса рамнина во која ќе лежи аголот BAC .



Сл. 7.1. Агол во рамнина.



Сл. 7.2. Агол во простор.

Меѓутоа, во геодезијата се користат само хоризонтални и вертикални агли. Да замислиме дека низ вертикалите на правите AB и AC ќе поставиме по една вертикална рамнина, π_b и π_c , а низ точката A хоризонтална рамнина π , пресекот на хоризонталната рамнина π со вертикалните рамнини π_b и π_c ќе ги даде полуправите p и q , кои го формираат хоризонталниот агол β . Овој агол претставува ортогонална проекција на аголот BAC . Тоа значи дека хоризонталниот агол лежи во хоризонталната рамнина, додека, пак, аглиите α_b и α_c лежат во вертикалните рамнини π_b и π_c и се нарекуваат вертикални агли. Вертикалните агли можат да бидат позитивни ($\alpha_b > 0$), кога точката B има поголема апсолутна висина од апсолутната висина на точката A , и негативни ($\alpha_c < 0$), кога точката C има

помала апсолутна висина од апсолутната висина на точката A . Во геодезијата аглите се мерат со помош на теодолит кој ни овозможува над точката A да се постави круг (лимб) со поделба (агломер), така што истиот е паралелен со хоризонталната рамнина π , а неговиот центар се наоѓа во вертикалата на точката A . Со помош на така поставениот лимб (агломер) може да се измери хоризонталниот агол β назначен на сл. 7.2.

7.1.2. Опис на теодолитот

Теодолитот е сложена оптичко – механичка справа која е составена од различни делови. Главни делови на теодолитот се: положбени винтови, хоризонтален и вертикален лимб, алхидада, либели и направи за читање на поделбите на лимбовите (сл. 7.3.).



Сл. 7.3. Геодетски инструмент – теодолит.

При работа инструментот се поставува на статив или специјална подлога (столб). Стативот служи како подлога на која може да се постави теодолитот при мерење на аглите. Со

помош на централниот винт (16) инструментот се прицврстува за стативот.

За прицврстување на теодолитот за стативот се користи спирално перо (17), а кај новите видови на инструменти еластична плочка.

На горниот дел од главата на стативот потпрени се положбените винтови (3), со помош на кои инструментот се навалува, односно се доведува во одредена положба.

Хоризонталниот лимб* е агломер со фино изведена поделба (6) наменет за мерење на хоризонтални агли.

Алхидадата на хоризонталниот лимб е горен подвижен дел на инструментот (6) кој се врти и на него се наоѓаат: справите за читање на поделбата на хоризонталниот лимб (7), носачите на дурбинот (18), либелите (11), вертикалниот лимб, алхидадата на вертикалниот лимб итн. На алхидадата на вертикалниот лимб се наоѓаат справите за читање на поделбата на тој лимб, како и неговите либели.

Хоризонталниот лимб во текот на мерењето на хоризонталните агли треба да стои во една положба (фиксиран). По завршените мерења, тој може да се движи за да се постигне одредена положба.

Алхидадата на хоризонталниот лимб преку осовината** се потпира на долниот дел на теодолитот. Во текот на мерењата хоризонталниот лимб стои закочен со неговата алхидада и може да ротира околу замислената права која се нарекува алхидадина оска***.

Дурбинот, заедно со вертикалниот лимб, е прицврстен за обртната оска на дурбинот која со краевите се потпира на носачите на дурбинот. На тој начин е овозможена ротација на дурбинот во рамнината која е нормална на обртната оска на дурбинот.

* Хоризонталниот и вертикалниот лимб ги добиле имињата по тоа што во текот на мерење на аглие тие стојат хоризонтално, односно вертикално.

** Осовините се тела со цилиндричен или конусен облик.

*** Алхидадината оска и оската на лимбот треба да се поклопуваат и да поминуваат низ центарот на поделбата на лимбот.

Бидејќи дурбинот може да се врти околу обртната оска, може да го поставиме во потребната положба, односно да се насочи кон насоката на која било точка за набљудување.

7.2. ПОЛОЖБЕНИ ВИНТОВИ

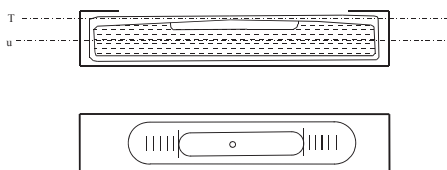
На долниот дел од инструментот се наоѓаат три положбени винта со чија помош инструментот го поставуваме во положбата која ја сакаме. Положбените винтови се изработени од метал. На долниот дел од положбениот винт е прицврстен метален диск со чија помош се ротира положбениот винт. На положбените винтови се дејствува на тој начин што алхидадата може да ја доведеме, на пример, во вертикална положба.

7.3. ЛИБЕЛА

При мерење на хоризонталните агли, рамнината на поделбата од лимбот се поставува во хоризонтална положба. За доведување на рамнината во хоризонтална положба се користи либела. По својот облик либелите можат да бидат цевчести и сферични.

7.3.1. Цевчеста либела

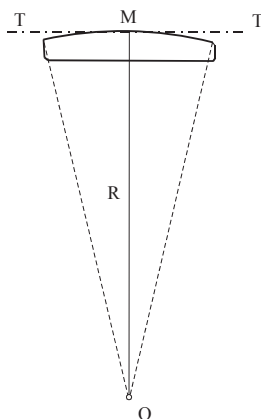
Цевчестата либела е брусена стаклена цевка со закривен облик исполнета со алкохол или, пак, со сулфурен етер (течност која има ниска точка на замрзнување). Во обработената стаклена цевка се залева загреана (топла) течност и тогаш цевката се затвора херметички. По ладењето течноста се собира и во цевката останува мал безвоздушен простор кој се нарекува меур на либелата. Тој секогаш ја зазема највисоката положба во либелата (сл. 7.4.).



Сл. 7.4. Цевчестѝа либела.

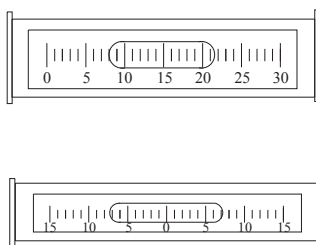
За заштита на либелата од оштетување се поставува метален оклоп кој поради набљудување на либелата од горната страна има стаклен отвор во облик на елипса. За ублажување на наглитe температурни промени, кои настануваат кај прецизните инструменти, либелите заедно со својот оклоп се ставаат во поголема стаклена цевка. Горната страна на либелата секогаш има облик на кружен лак (во надолжен пресек). Точката која се наоѓа на средината на кружниот лак од либелата се нарекува нормална точка на либелата (M). Радиусот на либелата кој поминува низ нормалата на точката M се нарекува нормален радиус на либелата (MO) (сл. 7.5.). Тангентата на кружниот лак на либелата, која поминува низ главната точка е нормална на главниот радиус, се нарекува *главна тангентата* или, пак, *оска* на либелата. Во моментот кога средината на меурот на либелата се поклопува со нормалната точка, главната тангентата, т.е. *оската на либелата* зазема хоризонтална положба, а главниот радиус тогаш е вертикален и во тој случај велиме дека меурот на либелата *врвну*.

За полесна процена на меурот, нанесена е поделба на либелата од надворешната страна на стаклената цевка. Кај старите либели вредноста на еден податок одговара на должината на париската линија (парс на поделбата) 2,26 mm, а кај новите изнесува 2,00 mm. Меѓутоа, и понатаму е задржан изразот *парс* на либелата.



Сл. 7.5. Оска на либелата.

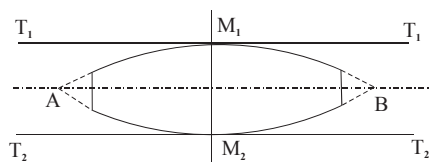
Парсната поделба може да се нанесе така што да биде во континуитет од едниот до другиот крај на либелата (сл. 7.6.), или симетрично лево и десно да расте во однос на нормалната точка.



Сл. 7.6. Парсна поделба.

Либела која е обработена (брусена) само од едната страна се нарекува проста либела, додека, пак, либела која е брусена од двете страни, а поделбата е нанесена на две дијаметрално спротивни страни се нарекува реверзиона либела. Оваа либела може да се користи во две положби кои меѓусебно се разликуваат за 180° . Обликот на внатрешноста на оваа либела се добива со ротација на кружниот лак околу правата АВ (сл. 7.7.). Како што се гледа реверзионата либела има две нормални точки M_1 и M_2 , два главни радиуси и две главни тангенти $T_1 - T_1$ и $T_2 - T_2$. Главните точки на либелата M_1 и M_2 мора да лежат во една рамнина која е нормална на правата АВ, а главните тангенти

(оските на либелата) $T_1 - T_1$ и $T_2 - T_2$ меѓусебно треба да бидат паралелни.



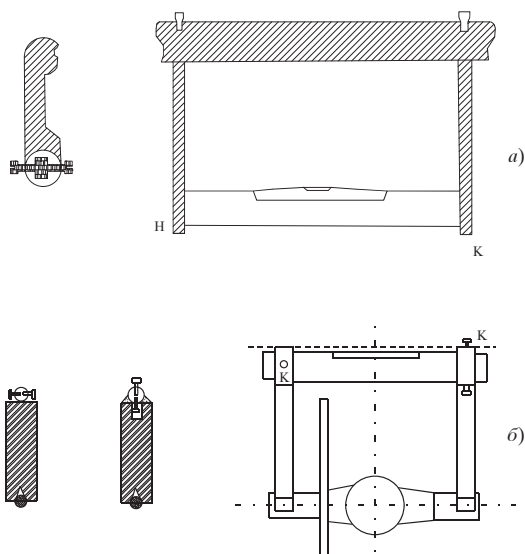
Сл. 7.7. Реверзиона либела.

Колку што е поголем радиусот на либелата, толку е поголема осетливоста на либелата, а и должината на меурот во тој случај е сè поголема.

Либелите со поголема должина на меурот на либелата се попрецизни. Должината на меурот зависи од должината на либелата, како и од температурата која ја имала течноста при полнењето во цевката на либелата.

Кога надворешната температура е поголема, течноста се шири, а меурот на либелата станува помал. Оптималната должина на меурот најчесто треба да изнесува 0,5 – 0,6 од должината на либелата.

Либелите може да бидат слободни или врзани за некоја справа или инструмент, па според начинот на користење се делат на сврзани и слободни либели. Сврзаните либели се прицврстени за некој дел од инструментот и без него не можат да се користат. Слободните либели може по желба да се постават на осовината на инструментот (висечки либели) или, пак, може да се потпрат на осовината на инструментот (јавачки либели) (сл. 7.8.). Јавачките и висечките либели најчесто се користат за доведување на осовините на инструментот во хоризонтална или вертикална положба.



Сл. 7.8. Висечка (а) и јавачка либела (б).

7.3.2. Осетливост на либелата

Осетливост на либелата е централен агол кој одговара на лакот од еден парс (сл. 7.9.). Тоа е агловна вредност од еден парс:

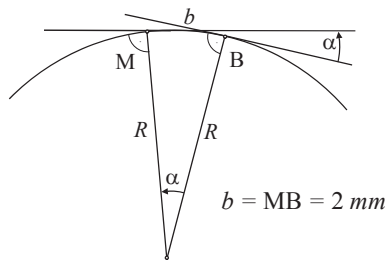
$$\alpha = \frac{b}{R}$$

односно:

$$\alpha'' = \rho'' \cdot \frac{b}{R}. \quad (7.1.)$$

Кога меурот на либелата врвуну, тогаш оската на либелата стои хоризонтално, а главниот радиус вертикално. Ако либелата се помести, така што нејзиниот меур ќе отстапи за еден парс, и главниот радиус ќе се помести за агловна вредност α и за истиот агол, главната тангента (оската на либелата) ќе отстапи од хоризонтот. Осетливоста на либелата е агол за кој

треба да се помести оската на либелата за да може меурот на либелата да отстапи за еден парс (агловна вредност на еден парс).



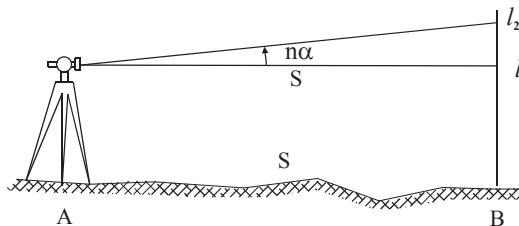
Сл. 7.9. Осетливост на либелата.

Кога е позната вредноста на еден парс $b = 2 \text{ mm}$ (или $b=2,26 \text{ mm}$) и радиусот на кривината на либелата R , може да се пресмета осетливоста на либелата.

А) Одредување на осетливоста на либелата

На рамен терен (сл. 7.10.) се поставува летва во вертикална положба на 40 до 50 m оддалечена од инструментот и се мери должината S . Дурбинот го поставуваме во насоката на летвата, меурот на либелата го доведуваме да врвни и тогаш со средната црта на кончаницата се отчитува вредноста l_1 на поделбата од летвата. Потоа дурбинот малку се подигнува, така што меурот на либелата да отстапи за 3 до 4 парса и повторно со средниот конец се отчитува вредноста l_2 на летвата. Промената на вредноста на читањето на летвата $l_2 - l_1$ е предизвикана од поместувањето на меурот од либелата за n парсови, па е:

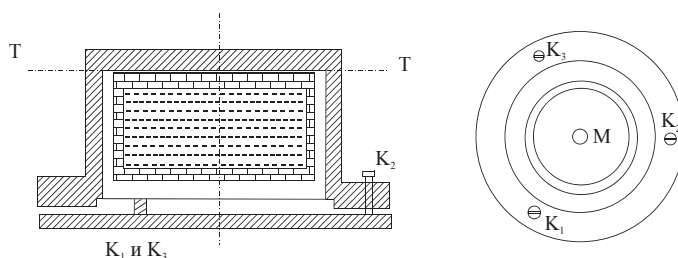
$$n\alpha = \frac{l_2 - l_1}{S} \quad \text{односно} \quad \alpha'' = \rho'' \cdot \frac{l_2 - l_1}{n \cdot S}.$$



Сл. 7.10. Одредување на осетливоста на либелата.

7.3.3. Центрична (сферна) либела

Центричната (сферна, цилиндрична) либела се изработува од широка стаклена цевка чиј горен внатрешен дел е брусен како сферна калота. Стаклената цевка се полни со топла течност и потоа херметички се затвора. При ладењето течноста малку се собира и во цевката останува мал безвоздушен простор (*меур* на либелата) кој има кружен облик. Точката во која оската на либелата ја сече сферната калота, се нарекува главната точка на либелата. Рамнината, која стои нормално на оската на цилиндарот и во себе ја содржи нормалната точка се нарекува главна тангента Т – Т (сл. 7.11.).



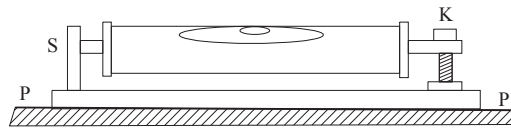
Сл. 7.11. Сферна либела.

Кога средината на меурот на либелата и нормалната точка се поклопуваат се вели дека меурот на либелата *врвун* и главната тангента стои хоризонтално, а главната оска е вертикална. Центричната либела е со мала осетливост и служи за приближно доведување на оските во вертикална и хоризонтална положба.

7.3.4. Испитување и ректификација на либелата

Либелите, сврзани за одделни делови од инструментот треба да ги задоволат условите кои се во врска со условите на инструментот (за нив ќе стане збор подоцна). Овде ќе го објасниме испитувањето и ректификацијата на *слободнајша либела*.

Стаклената цевка на цевчестата либела е сместена во рамка и со неа е прицврстена за подлогата $P - P$ (сл. 7.12.).



Сл. 7.12. Слободна либела.

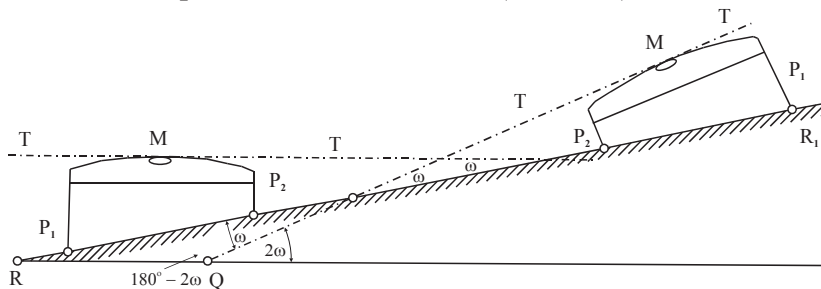
Со едниот крај либелата е сврзана со осовината S , а со другиот крај се потпира на корекциониот винт K , со помош на кој либелата може да се подигнува и спушта.

За да може либелата да се користи за доведување на рамнина во хоризонтална положба, мора да го задоволи условот со кој оската на либелата треба да биде паралелна со подлогата (рамнината на подлогата $P - P$).

За да може овој услов да се испита потребно е:

- либелата да се постави на приближно хоризонтална рамнина, која може по потреба да се поместува;
- со лесно поместување на рамнината, на која стои либелата, да се доведе меурот на либелата да врвни;
- потоа либелата ја подигнуваме и ја ротираме за 180° така што нејзините краеве да ги заменат истите места. Ако меурот на либелата врвни, условот е задоволен.

Ако меурот на либелата отстапува, отстапувањето е двојно (2ω), половината од отстапувањето (ω) потекнува од непаралелноста на оската на либелата и рамнината на подлогата $P - P$, а другата половина (ω) затоа што рамнината на која стои е закосена кон хоризонтот под агол ω (сл. 7.13.).



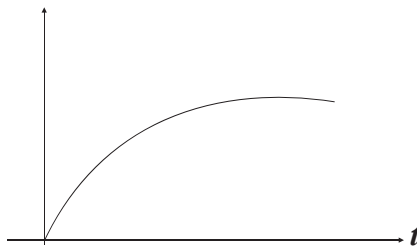
Сл. 7.13. Испитување на либела.

Ректификацијата (поправката) на либелата се врши според настанатото отстапување. Делувајќи на корекциониот винт К (сл. 7.12.), се поправа половина од отстапувањето, односно се мести оската на либелата да биде паралелна на долната рамнина на подлогата, а другата половина се поправа така што се поместува со едниот крај рамнината на која стои либелата. Сигурно е дека само со една постапка нема да се задоволи условот. Потребно е постапката за испитување и ректификација да се повтори повеќе пати сè додека отстапувањето од двете положби (2ω) не биде помал од 0,2 до 0,3 парса.

Со испитана и ректифицирана либела лесно доведуваме која било рамнина во хоризонтална положба. Се поставува либелата на рамнина во произволна положба и потоа со подигање или со спуштање на рамнината се доведува меурот на либелата да врвни. Либелата се врти за 90° во однос на претходната насока, рамнината се подига или спушта во таа насока така што меурот на либелата се доведува да врвни. На тој начин направени се двете прави, кои меѓусебно се нормални и лежат во иста рамнина, да бидат хоризонтални. Во тој случај, рамнината која ги содржи двете прави е хоризонтална.

7.3.5. Мрзливост на либелата

Кога хоризонтална рамнина, на која е поставена слободна либела, малку ќе се помести, меурот на либелата на почетокот се движи побрзо, а подоцна неговото движење се успорува сè додека целосно не престане (сл. 7.14.).



Сл. 7.14. Мрзливост на либелата.

Ако не се почека меурот целосно да се смири, се прави грешка која се нарекува прерано забележување. Кај либелата може да се забележи и следново својство: меурот на либелата се мести да врвуну, потоа малку се подигнува едниот крај на либелата и повторно се спушта на првобитното место. Кога меурот повторно ќе се смири, тој нема да ја заземе првобитната положба. Грешката на прераното забележување и грешката на задоцнување на меурот на либелата се карактеризираат како *мрзливост* на либелата. За да може меурот на либелата повторно да се смири, треба да се почека 2 – 3 минути.

7.3.6. Набљудување на меурот на либелата

Следењето на движењето на меурот на либелата и утврдувањето дали меурот на либелата врвуну, може да се контролира на повеќе начини:

а) Кога меурот се набљудува со око, врвунето на меурот се проценува со споредување на краевите на меурот на либелата со цртчките кои се симетрични во однос на нормалната точка (сл. 7.15.).

Ако меурот на либелата се набљудува од положба под агол φ , спрема рамнината која стои нормално на оската на либелата (сл. 7.16.), ќе се добие погрешен заклучок за положбата на меурот на либелата.

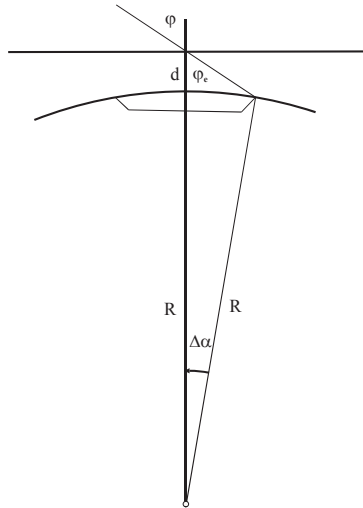


Сл. 7.15. Набљудување на меурот на либелата.

Затоа при набљудување на меурот на либелата набљудувачот треба да се постави така што поделбата на либелата да се гледа под прав агол во однос на оската на либелата. Недостатоците на ваквото набљудување со око се:

- набљудувачот (операторот) секогаш се врти околу инструментот, со што се намалува неговата стабилност и се зголемува времетраењето на мерењето;

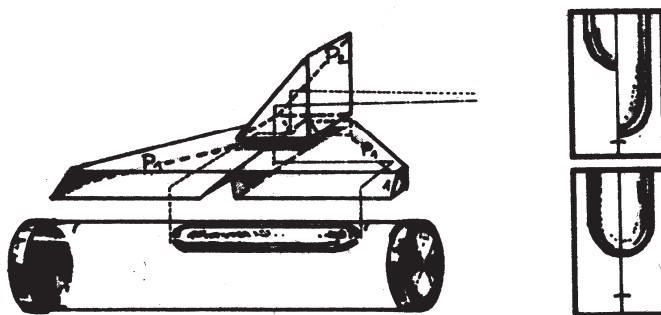
- меурот не се набљудува од најповолната положба;
- не може доволно прецизно да се констатира дали меурот на либелата врвни, односно дали краевите на меурот на либелата подеднакво се оддалечени од соодветните цр-тички на поделбата на либелата.



Сл. 7.16. Набљудување на либела под агол.

б) Меурот на либелата може да се набљудува со помош на огледало. Над либелата се поставува огледало така што ликот на меурот да се гледа во огледалото од местото каде вообичаено стои операторот. Изгледот на меурот и неговиот однос кон поделбата на либелата зависи од положбата на огледалото. Положбата на огледалото треба да се постави така што ликот на меурот да биде ист како да се гледа со око. Затоа, на држачот на огледалото е поставен граничник кој оневозможува понатамошно движење на огледалото. Кога огледалото е свртено до граничникот, ликот се гледа целосно (исправен), а во спротивно ликот е деформиран (издолжен).

в) Најповолен и најточен начин на доведување на меурот да врвни се постигнува со помош на специјални призми за коинцидирање кои овозможуваат во посебно видно поле или низ окулар на дурбинот да се забележат краевите од меурот на либелата. Меурот на либелата врвни ако краевите на меурот коинцидираат (се поклопуваат) (сл. 7.17.).



Сл. 7.17. Коинцидирање на краевите на меурот на либелата со помош на призми.

Доведувањето (коинциденцијата) на меурот на либелата да врвни со помош на призми има неколку предности:

- операторот не мора специјално да се поместува за контролирање и дотерување на меурот на либелата;
- отстапувањето на меурот на либелата се покажува двапати зголемено за двостраното движење на ликовите на краевите на меурот;
- окуларот или дурбинот низ кој се набљудува либелата има зголемување, па отстапувањето на меурот се гледа зголемени затоа многу прецизно може да се доведе меурот да врвни;
- попрецизно може да се врши процена на поклопувањето (коинцидирањето) на ликовите на краевите на меурот отколку нивна симетричност во однос на црточките на парсовната поделба на либелата.

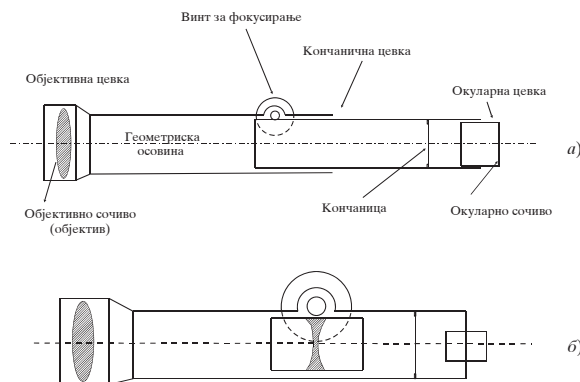
Наведените неколку предности придонесуваат меурот на либелата да се доведе да врвни околу 5 – 10 пати поточно, во однос на доведувањето во иста положба со набљудување и процена на око. Затоа кај сите современи геодетски инструменти меурот на либелата се доведува да врвни со помош на призми, ставени во посебни справи (окулари, дурбини и сл.).

7.4. ДУРБИН

Дурбинот е оптичка направа наменета за зголемување на ликовите на оддалечените предмети кои се набљудуваат или зголемуваат. Постојат два вида на дурбини: катоптрички и диоптрички. Катоптричките се изработуваат на принцип на одбивање на светлината од огледала. Во геодезијата овие дурбини не се користат. Диоптричките дурбини се изработени на принципот на прекршување на светлината со помош на систем на сочива. Во најново време се изработуваат дурбини кои во својата конструкција имаат и систем на леќи и огледало, па претставуваат комбинација на *диооптрички* и *кадиооптрички* дурбини. Бидејќи во геодезијата се користат само диоптрички дурбини, тука ќе ја опишеме само нивната конструкција.

Диоптричкиот дурбин ги има следниве главни елементи (сл. 7.18.):

- *Објективна леќа* или објектив кој се наоѓа на предниот дел од дурбинот и е завртен кон објектот, по што го има добиено и името;
- *окуларна леќа* или окулар кој се наоѓа на задниот дел од дурбинот и е завртен кон операторот;
- *кончаница* која се наоѓа меѓу објективот и окуларот;
- *винт за фокусирање*.



Сл. 7.18. Дурбин.

Наведените делови на дурбинот се сместени во соодветна метална цевка според која и се именуваат:

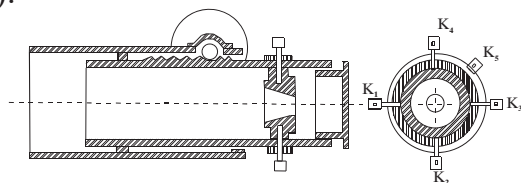
- во објективната цевка е сместено објективната леќа;
- во окуларната цевка се наоѓа окуларната леќа;
- во кончаничната цевка се наоѓа кончаницата.

Окуларната цевка се вовлекува во кончаничната цевка, а заедно со неа во објективната цевка.

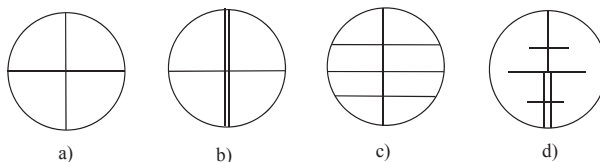
7.4.1. Кончаница

Кончаницата во минатото е изработувана од препарирани конци од пајак затегнати на кончаничен прстен, по што го има добиено и името. Денеска таа се изработува во вид на стаклена планпаралелна плочка со фино изгравирани цртички. Ваквата кончаница има повеќе предности:

- не се случува конците да се скинат или да се одлепат од прстенот;
- полесно е да се изработуваат кончаници во повеќе облици (сл. 7.20.).



Сл. 7.19. Кончанична цевка и кончаница.



Сл. 7.20. Видови на кончаници.

При испитување на теодолитот понекогаш кончаницата треба малку да се ротира или транслаторно да се помести лево – десно и горе – долу. Овие поместувања се овозможени со по два хоризонтални и два вертикални корекциони винтови (K_1 – K_3 , K_2 – K_4 сл. 7.19). Ако истовремено еден од винтовите се

одвртува а другиот се завртува, кончаницата се поместува. Кога ќе се одврти винтот K_5 , кончаницата може да ја ротираме во саканата насока и повторно да ја затегнеме со винтот K_5 . Кончаницата има важна улога кај геодетските инструменти, бидејќи без неа дурбинот може да се користи само за набљудување на предметите. Меѓутоа, кај теодолитите и другите инструменти дурбинот со помош на кончаницата служи за визирање на геодетските сигнали, на кои истовремено се извршат и одредени мерења. Изгледот на кончаницата, пред сè, зависи од намената на инструментот. Кончаницата на сл. 7.20. (а и б) има наједноставен облик и се вградува во инструменти кои служат за мерење на хоризонтални и вертикални агли. Кончаницата на сл. 7.20. (с и d) се вградува кај инструменти со чија помош се мерат растојанија, на пример како што е Рајхенбаховиот далечиномер и други.

Правата која ги поврзува оптичкиот центар на објективната леќа (точка низ која поминуваат зраците и притоа не го менуваат својот насока на движење) и пресекот на вертикалната и средната црта од кончаницата се нарекува *визура*. Поместувањето на визурата може да се изврши само со поместување на кончаницата.

Постапката кога визурата ја наведуваме да погодува некоја воочлива точка или предмет се нарекува *визирање*.

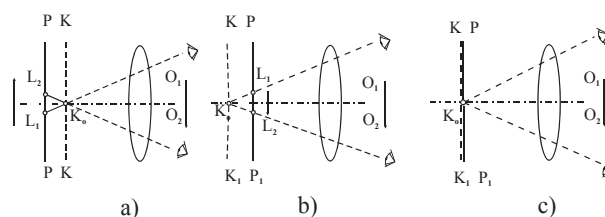
7.4.2. Кончанична паралакса

Со помош на дурбинот се набљудуваат предмети на различни оддалечености, а нивните ликови се формираат на различно растојание од објективната леќа, т.е. нема секогаш да ги гледаме јасно. Нејасниот лик кој се формира на предметот се појавува затоа што ликот кој се формира не е во рамнината на кончаницата. Растојанието помеѓу овие две рамнини се нарекува *кончанична паралакса*. Постојењето на кончаничната паралакса може да се констатира кога ликот на некој предмет се набљудува со дурбин, а притоа го поместуваме окоото пред окуларот лево – десно. Ако при оваа постапка ликовите на

предметот и кончаницата мируваат еден во однос на друг, тоа покажува дека не постои кончанична паралакса (сл. 7.21.). А кога ликовите се поместуваат, во тој случај постои кончанична паралакса. Ако постои кончанична паралакса, ликот на предметот може да се наоѓа:

- меѓу кончаницата и окуларот, ако при движење на окото пред окуларот во лево ликот на предметот во однос на фиксираната кончаница се поместува на десно и обратно (сл. 7.21б);
- меѓу кончаницата и објективот, може да забележиме така што при движење на окото пред окуларот во лево ликот на предметот во однос на фиксираната кончаница ќе се помрдне во лево и обратно (сл. 7.21.а).

Доведување на ликот на јасно гледање (изострување) – поништување на кончаничната паралакса – се врши или со доведување на кончаницата во рамнината на ликот или, пак, со доведување на ликот на предметот во рамнината на кончаницата.



Сл. 7.21. Кончанична паралакса

Во првиот случај формиранот лик на предметот не се поместува, туку се поместува кончаницата со вовлекување или со извлекување на кончаничната цевка во објективната цевка. На тој начин се менува должината на дурбинот. Поместувањето на кончаничната цевка и промената на должината на дурбинот се врши со помош на посебен паралактички винт кој се наоѓа од страна на дурбинот (сл. 7.18.а.). Ваквите дурбини се нарекуваат дурбини со стара конструкција или, пак, дурбини со променлива должина. Недостатокот на ваквите дурбини е во следното:

- промената на должината на дурбинот условува постоење на мало растојание помеѓу објективната и кончаничната

цевка, така што во дурбинот лесно влегува водена пареа и ситен прав; таквата појава има за последица лоша видливост и зголемено триење на запчаниците;

- кончаничната цевка постојано се поместува, добива неправилно движење, така што со тек на времето се намалува точноста на дурбинот, односно неговите делови не ја задржуваат истата меѓусебена положба и не ги исполнуваат условите кои се неопходни за мерење на агли;
- теодолитите најчесто можат да се користат и за мерење на должини, т.е. како оптички далечиномери (за кои ќе стане збор подоцна), па дурбините со променлива должина имаат адициона константа, која ја усложнува постапката за одредување на должини и висински разлики.

Во вториот случај кончаницата стои неподвижно, а ликот на предметот се поместува така што да падне во кончаничната рамнина. За поместување на ликот на предметот, во дурбинот постои уште една *аналиитичка леќа*, кое може да биде двострано испапчено или двострано вдлабнато, како негативен член на *шелеобјективови* (сл. 7.18б.). Со вртењето на одреден винт, аналитичката леќа се поместува напред – назад, а со тоа ликот на предметот се доведува во кончаничната рамнина {се врши внатрешно фокусирање(сл. 7.18.)}. Дурбините, кои имаат константна должина се нарекуваат уште и дурбини со нова конструкција или аналитички дурбини.

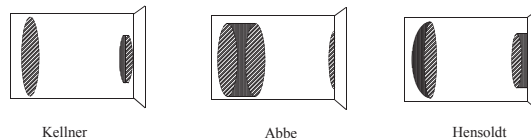
Аналитичките дурбини имаат повеќе предности во однос на дурбините со стара конструкција:

- дурбинот е со фиксна должина, па нема отвори низ кои во неговата внатрешност може да влегува прав и влага;
- движењето на аналитичката леќа е поправилно во дурбинот отколку движењето на кончаничната цевка;
- како далечиномер овој дурбин нема адициона константа.

Доколку кончаничната паралакса не се отстрани доволно добро, тогаш визирањето зависи од положбата на окото пред окуларот. Ваков случај не треба да се практикува.

7.4.3. Окуларна леќа

Окуларната леќа е обична комбинација на две леќи. Постојат повеќе видови на окуларни леќи, но кај дурбините на геодетските инструменти се користи Рамсденовиот окулар (сл. 7.22.).



Сл. 7.22. Видови на Рамсденови окулари.

Карактеристиката на ваквите окулари е што кончаницата се наоѓа пред окуларната леќа. Окуларната леќа може да се приближува или оддалечува од кончаницата, па на тој начин се менува далечината на јасното гледање на кончаницата. За да може кончаницата да ја донесеме на јасно гледање, потребно е дурбинот да го насочиме кон небото или кон некоја светла површина. Со вртење на окуларната леќа се вовлекува или извлекува окуларната цевка од кончаничната цевка сè додека ликот на кончаницата не биде доволно јасен.

Ликот на кончаницата ќе биде најјасен кога се наоѓа на далечина на јасно гледање. Далечината на јасно гледање зависи од физиолошките својства на очите на операторот.

7.4.4. Карактеристики на дурбинот

Карактеристиките на дурбинот се: зголемување, видно поле, осетливост и јасен лик.

1. *Зголемувањето на дурбиној* претставува количник меѓу големината на ликот на предметот набљудуван преку дурбинот и големината на предметот набљудуван со око. Зголемувањето на дурбинот е дадено со следниов израз:

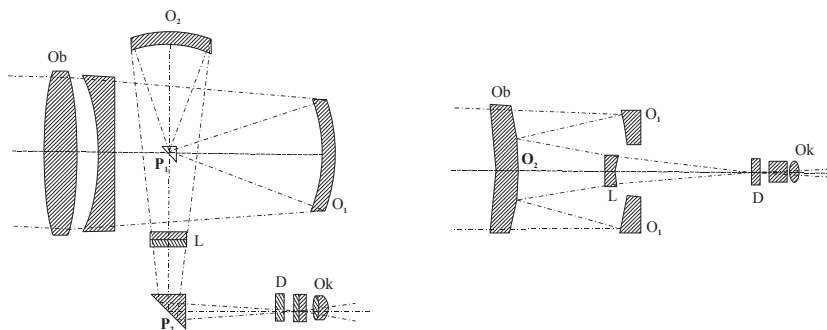
$$U = \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \quad (7. 2.)$$

каде што:

f_{ob} - фокусна далечина на објективната леќа;

f_{ok} - фокусна далечина на окуларната леќа.

Инструментите кои се користат за прецизни мерења треба да имаат зголемување на дурбинот 30 – 40 пати, а за обични мерења зголемувањето е 18 – 30 пати. За да може да се постигне поголемо зголемување се користат објективи со голема фокусна далечина или окулари со мала фокусна далечина. Дурбините со голема фокусна далечина имаат голема должина, па инструментите би биле гломазни. Должината на дурбинот се смалува со помош на создавање на ликот кој се добива со помош на прекршување и одбивање на светлоста т.е. нивна комбинација (сл. 7.23.). Со таква комбинација дурбините со мала должина можат да имаат голема фокусна далечина на објективот.



Сл. 7.23. Создавање на лик со прекршување и одбивање на светлината.

2. Видно поле на дурбинот се нарекува просторот кој може да се види низ дурбинот. Големината на просторот зависи од отворот на кончаничниот прстен при што тој ја има улогата на дијафрагма.

Видното поле на дурбинот се изразува со просторниот агол кој го формираат крајните зраци на снопот што дијафрагмата ги пропушта во видното поле на дурбинот. Отворот на дијафрагмата d може да се сфати како дел од лакот чиј радиус има големина f_1 ,

$$d = V \cdot f_1 \quad \text{или} \quad V = \frac{d}{f_1}. \quad (7.3.)$$

Ако дијафрагмата е $d = 0,5 \cdot f_2$, тогаш ќе се добие:

$$V = \frac{0,5 \cdot f_2}{f_1} = \frac{0,5}{f_1 : f_2}; \quad (7.4.)$$

односно:

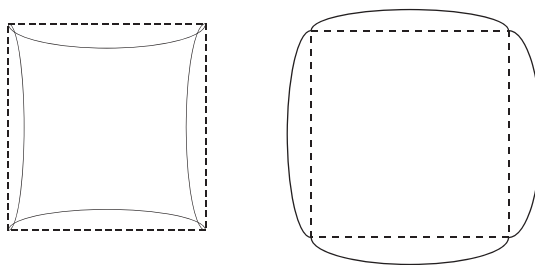
$$V = \frac{0,5}{U}. \quad (7.5.)$$

Значи, големината на видното поле на дурбинот е обратно пропорционална со зголемувањето на дурбинот.

Аголот на видното поле може да се одреди со мерење. На пример: со помош на левиот крај на видното поле се визира една точка и во тој момент се врши читање на лимбот. А потоа истата точка ја визираме со десниот крај на видното поле и повторно вршиме читање на лимбот. Разликата на овие две читања претставува големината на видното поле.

3. *Осејливосиј на ликој* е однос помеѓу количината на светлоста која допира до окото (на една површина) при набљудување на објект со око низ дурбинот.

4. *Јасен лик* на предмет се добива со набљудување на предмет со правилна конструкција (на пр. квадрат и сл). Ако ликот на предметот остане правилен и јасен, дурбинот има добра јасност. Ако се добива деформиран лик (сл. 7.24.), тогаш дурбинот има слаба јасност и таквите не се користат.



Сл. 7.24. Јасен лик.

7.5. ЛИМБ

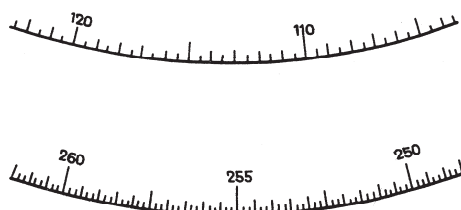
Како што е познато, со агломер може да се одреди големи-ната на агол. Затоа во инструментот кој служи за мерење на хоризонтални и вертикални агли е вграден специјален агломер во облик на круг кој се нарекува *лимб*. Лимбовите се изработуваат од специјално стакло или од метал, така што не ја менуваат својата големина со промената на температурата. Големината на лимбовите е изразена со нивните дијаметри и се движи од 10 до 20 см. Поделбата на лимбот е нанесена на закосената страна со помош на специјална машина. Рамнината која поминува низ надворешните краеви на поделбата на лимбот се нарекува рамнина на лимбот. Предноста на стаклените лимбови во однос на металните е во следното:

- поделбата на стаклените лимбови се нанесува со помош на фотоначин, при што се смалува изведената поделба од еден голем лимб на лимбови со вообичаена големина;
- при смалувањето на ликот на поделбата за n пати, се смалуваат во ист однос и ситните грешки на поделбата;
- стаклените лимбови се просирни, низ нив поминува светлината (а со неа и ликот на поделбата на лимбот) што ја користат направите за читање и се овозможува голема точност при читањето на поделбата на лимбот.

Поделбата на лимбот расте во насока на движењето на стрелките на часовникот и може да биде сексагезимална или центизимална. По правило, се нанесуваат цели степени и нивните вредности се означуваат со броеви. Ако поделбата на лимбот се набљудува со лупа, која има големо видно поле, секој петти или десетти степен се означува со број. Кога поделбата ја набљудуваме со микроскоп, секој степен е означен со броеви (сл. 7.25.).

Кај некои лимбови степенот понатаму се дели на два, три или шест еднакви делови ($30'$, $20'$ или $10'$). Колкава ќе биде вредноста на најмалиот поделок, зависи од точноста на поделбата на лимбот, како и од справите со кои се врши отчитувањето на поделбата. Поделбата на лимбот е направена, така што без големи тешкотии може да се изврши отчитување.

Степените се означени со подолги цртички, половина од степените (ако се означени) со малку пократки, а останатите десетки на минути со најкратки цртички.



Сл. 7.25. Лимб.

Хоризонталниот лимб треба да биде неподвижен додека се врши мерењето на аглиите. Кај некои теодолити хоризонталниот лимб е врзан цврсто со долниот дел од теодолитот и затоа нив ги нарекуваме *просии теодолитии*. Поголемиот дел од теодолитите имаат подвижен лимб. За време на мерењето на аглиите лимбот се фиксира со помош на кочницата на лимбот, а поместувањето се врши со помош на посебен микрометарски винт. Теодолитите што ја имаат оваа можност се нарекуваат *рејетиционии теодолитии*.

Лимбот има механичка осовина (оска) која го носи лимбот. Замислената права околу која лимбот ротира се нарекува оска на лимбот и поминува низ центарот на поделбата на лимбот.

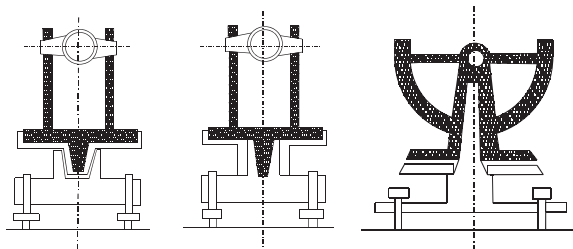
Вертикалниот лимб може да има поделба нанесена и во спротивна насока од движењето на стрелките на часовникот.

7.6. АЛХИДАДА

Алхидадата е дел кој како метален оклоп го штити лимбот од оштетувања и на себе ги носи справите за читање на поделбата на лимбот, носачите на дурбинот и либелите.

Алхидадата се потпира како носач на алхидадината оска, и таа овозможува да ротира. Замислената права околу која алхидадата се ротира се нарекува алхидадина оска, која се покло-

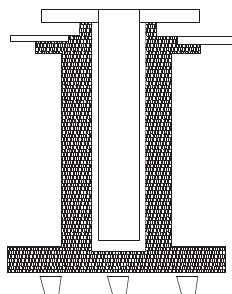
пува со оската на алхидадината осовина, и воедно е нормална на рамнината на лимбот. Осовината на алхидадата и осовината на лимбот мора да се постават така што нивните оски да се поклопуваат. Шематски приказ на осовината на лимбот и осовината на алхидадата е дадена на сл. 7.26.



Сл. 7.26. Положба меѓу лимб и алхидада кај старата конструкција.

Бидејќи конструкцијата и изработката на осовината на алхидадата и лимбот не се совршени, се случува алхидадата при движење да го „влече“ лимбот. Ако оваа појава се забележи и ако влечењето на лимбот е мало, грешките во вредностите на мерените агли можат да се смалат со метода на работа. Ако грешките се значајни, тогаш инструментот не е за употреба.

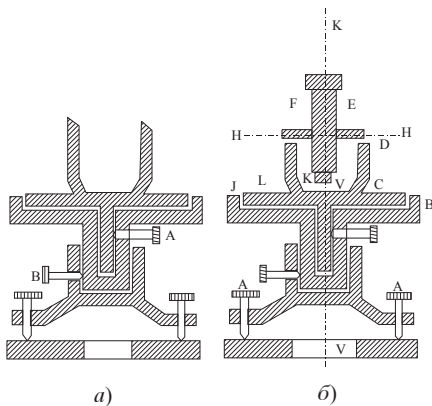
Кај инструментите со нова конструкција, осовините на лимбот и алхидадата имаат допирни точки, па влечењето на лимбот практично е исклучено (сл. 7.27.).



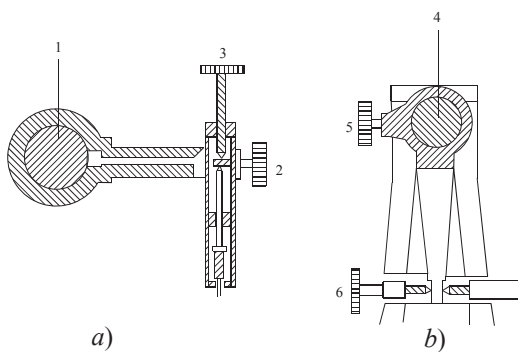
Сл. 7.27. Положба меѓу алхидада и лимб кај нова конструкција.

За фиксирање на алхидадата постои посебен винт – кочница на алхидадата. Кога кочницата е ослободена, алхидадата може слободно да се движи со рака. За мали поместувања на ал-

хидадата постои микрометарски винт со кој може да се дејствува само ако кочницата е затегната. На сл. 7.28. е даден шематски приказ на репетициониот и на простиот теодолит, а на сл. 7.29. е прикажан начинот на дејствување на микрометарските винтови.



Сл. 7.28. Репетиционен (а) и прости (б) теодолити.



Сл. 7.29. Микрометарски винтови.

7.7. СПРАВИ ЗА ЧИТАЊЕ

Поделбата на лимбот е изведена така што најмалата поделба изнесува од 10' до 1°. Меѓутоа, оваа вредност не ги задоволува ни најгрубите геодетски работи. Читањето на помалите делови од најмалите на лимбот се постигнува со помош на специјални справи. Со помош на справите поделбата на лимбот

може да се прочита со точност од 1' до 0",01. Во зависност од точноста со која треба да се прочита поделбата на лимбот, се изработуваат различни справи. Принципот на читање не е идентичен кај сите справи, така што тие се разликуваат по својата конструкција. Овде ќе се разгледаат само некои справи за читање. Во зависност од точноста на читањето на поделбата на лимбот се употребуваат следните справи: *нониуси*, *микроскопни* и *дигитални* справи.

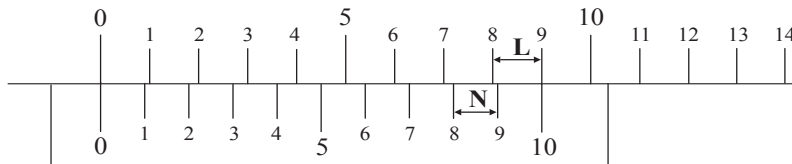
7.7.1. Нониус

Нониусот е справа за читање на вредности помали од најмалата поделба на мерилото. Според обликот, нониусот може да биде *линеарен* (прав) или *кружен* (лачен). Линеарниот нониус се користи при мерење на должини со помош на линијар (размерник), додека кружниот (лачниот) нониус се користи за читање на агловни поделби кај лимбови.

Според конструкцијата нониусите се делат на: *назадни* (позитивни) и *најредни* (негативни).

За конструкција на назадниот нониус се земаат $(n - 1)$ делови од мерилото (линџарот) со големина L и се дели на n делови на нониусот со големина N (сл. 7.30). На пр. $9L = 10N$ или општо:

$$(n - 1) \cdot L = n \cdot N \Rightarrow L - N = \frac{L}{n}. \quad (7.6.)$$



Сл. 7.30. Нониус.

Најмалата вредност која може да се прочита со помош на нониусот се нарекува *нониусов податоок* P . Тој може да се определи како разлика на вредностите на најмалиот податок на

мерилото и нониусот или како количник на најмалиот податок од мерилото и бројот на поделбите на нониусот:

$$P = L - N = \frac{L}{n}. \quad (7.7.)$$

Пример 7.1: Да се одреди податокот на нониусот кога најмалиот поделок на мерилото $L = 2 \text{ mm}$, а бројот на поделбите на нониусот е $n = 20$.

Решение:

$$P = \frac{l}{n} = \frac{2\text{mm}}{20} = 0,1\text{mm}.$$

Пример 7.2: Најмалиот податок на мерилото е $L = 1\text{mm}$. Колкав број на поделби n треба да има нониусот за нониусовиот податок да изнесува $P = 0,05 \text{ mm}$?

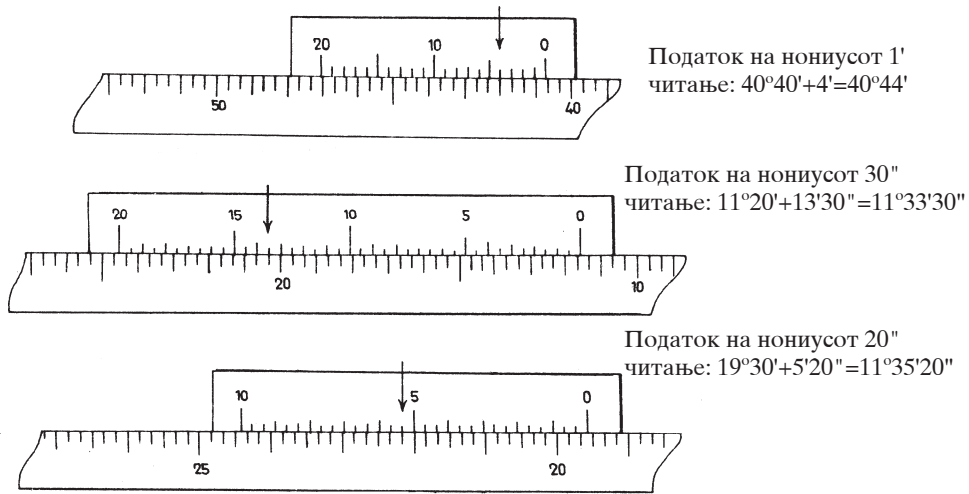
Решение:

$$n = \frac{L}{P} = \frac{1\text{mm}}{0,05\text{mm}} = 20.$$

Определувањето на нониусовиот податок се врши по формулата:

$$P = \frac{L}{n}. \quad (7.8.)$$

Затоа пред користење на нониусот треба добро да се анализира поделбата на мерилото за да се види колкава е вредноста на најмалиот податок на поделбата (L) и да се определи бројот на поделбите на нониусот (n). Нониусовиот податок може да се одреди и со набљудување. Ако се знае дека вредноста на целиот нониус одговара на најмалата поделба на мерилото, се набљудува нониусовиот податок и се врши споредба со поделбата од мерилото и нониусот. Кога е определен нониусовиот податок, поделбата може да ја читаме со помош на нониусот, како што е прикажано на сл. 7.31.



Сл. 7.31. Видови на читање.

Поделбата на позитивниот нониус расте во истата насока како и поделбата на мерилото. Почетокот на нониусот е означен со вредност нула. На мерилото се читаат целите поделби до нулата на нониусот (сл. 7.31.), а потоа се бара цртичката од нониусот што коинцидира со некоја цртичка на поделбата. Според тоа, читањето на поделбата со помош на нониусот се состои од два дела:

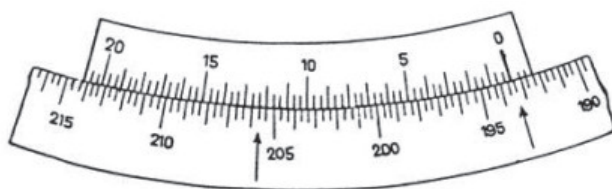
$$\beta = a + b \quad (7.9)$$

каде што се:

- a – читање на поделбата на мерилото до нулата на нониусот заклучно со вредноста на најмалиот поделок на лимбот;
- b – остатокот којшто се чита со помош на нониусот.

Вредноста a се отчитува непосредно на лимбот, а вредноста b се отчитува со помош на нониусот. На тој начин се бројат поделбите на нониусот од нулата до онаа цртичка на нониусот која коинцидира со една цртичка од мерилото. Ако бројот на поделбите се помножи со податокот на нониусот ќе се добие читањето на нониусот.

Читањето со кружниот нониус во суштина е исто како и читањето со помош на линеарен нониус. На сл. 7.32. е прикажано читање со кружен нониус.



читање:

$$a = 193^{\circ}20'$$

$$b = 12'20''$$

$$\beta = 193^{\circ}32'20''$$

Сл. 7.32. Читање со кружен нониус.

Според сл. 7.32. податокот на нониусот изнесува:

$$P = \frac{L}{n} = \frac{20'}{60} = \frac{20 \cdot 60''}{60} = 20''.$$

Броењето на поделбите на нониусот би било заморно, не-сигурно и спора работа. Секој три поделби на нониусот од по 20'' претставуваат 1', затоа секоја трета цртичка на нониусот е подолга, а секоја петта минута е означена со број. На овој начин читањето се поедноставува.

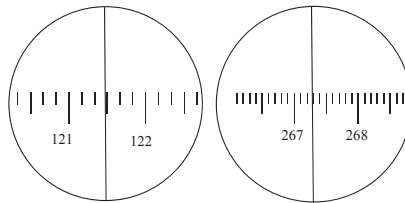
За конструкција на напредниот (негативниот) нониус се зема $(n+1)$ поделба од мерилото, па се делат со n поделоци од нониусот. Поделбата на напредниот нониус расте во спротивна насока во однос на поделбата на мерилото, па затоа ваквата поделба и нема широка примена во практиката.

Поделбата на лимбот и нониусот е многу ситна и со око не може директно да се чита, па затоа читањето се врши со помош на лупа или микроскоп.

7.7.2. Микроскоп со цртичка

Микроскопот со цртичка има кончаница која се состои од една црта со помош на која се отчитува поделбата на лимбот. Секој степен на лимбот е означен со број, а најмалата поделба на лимбот изнесува 10' или 20'. Во внатрешниот дел на поделбата со процена на око, може да се прочита десеттиот дел од

поделбата, односно, 1' или 2'. Јасно е дека пред да се изврши читање на поделбата на лимбот, цртичката на микроскопот треба да се доведе на далечина на јасно гледање. Тоа се постигнува со вртење на окуларната цевка на микроскопот. Освен тоа, со набљудување во микроскопот треба да се за-познае поделбата на лимбот и да се одреди нејзиниот најмал податок. Со поместување на окоето лево – десно пред окуларот ќе се утврди дали постои кончанична паралакса, односно дали поделбата на лимбот е во рамнината на кончаницата. Ако кончаничната паралакса постои, таа се поништува со помош на приближување или оддалечување на целиот микроскоп во однос на поделбата на лимбот.



читање: 121°28'

читање: 267° 29'

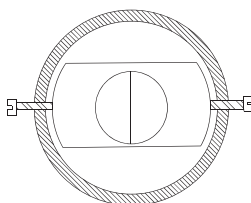
Сл. 7.33. Микроскоп со цртичка.

Поделбата, прикажана на сл. 7.33. (а и б), се чита многу едноставно. По правило, теодолитот треба да има два микроскопи сместени на еден пречник (дијаметар) на алхидадата, за да се отстрани влијанието на ексцентричноста на алхидадата. Микроскопот со цртичка треба да ги исполни следниве услови:

Прв услов: Цртичката на кончаницата мора да биде паралелна со цртичките на поделбата на лимбот. Испитувањето на овој услов се врши со набљудување и споредување на цртичките на кончаницата со најблиската цртичка од поделбата на лимбот. Ако условот не е исполнет, потребно е целиот микроскоп малку да се заротира околу надолжната оска, откако ќе се одвртат винтовите кои го прицврстуваат микроскопот.

Втор услов: Разликите на читањата од дијаметрално две спротивни места на лимбот треба да се разликуваат за 180° (200^{gr}). За да може да се испита овој услов, потребно е цртичката на едниот микроскоп да се намести на заокружено читање, а потоа да се контролира читањето на другиот микроскоп

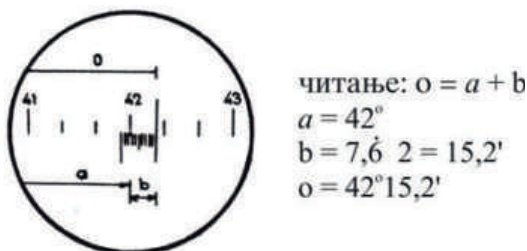
кое треба да се разликува за 180° (200^{gr}). Ректификацијата се изведува со поместување на кончаницата на едниот микроскоп со помош на посебни винтови (сл. 7.34.).



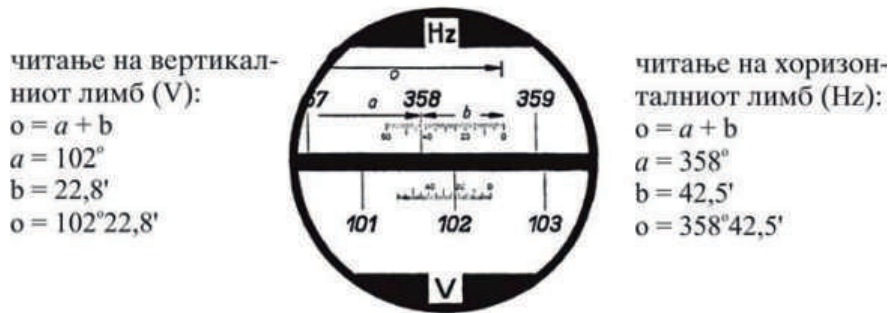
Сл. 7.34. Винтови на микроскоп со цртичка за ректификација.

7.7.3. Микроскоп со скала од цртички

Најмалиот податок кој може да се прочита со помош на микроскоп на цртички изнесува $1'-2'$, и тоа со процена од око. Затоа е можно, секогаш поради процената од око, да се направи грешка од $1'$ или $2'$. Оваа грешка може да се избегне ако се користи микроскоп со скала од цртички. Всушност, наместо една цртичка, кончаницата на микроскопот има скала од цртички која одговара на најмалиот поделок од лимбот. Со помош на скалата од цртички можат да се прочитаат минутите, а од око да се цени десеттиот дел од минутата. Со тоа се обезбедува поголема точност на читањето на поделбата на лимбот.



Сл. 7.35. Микроскоп со скала од цртички-сипар ший.



Сл. 7.36. Микроскоп со скала од цртички–нов тип.

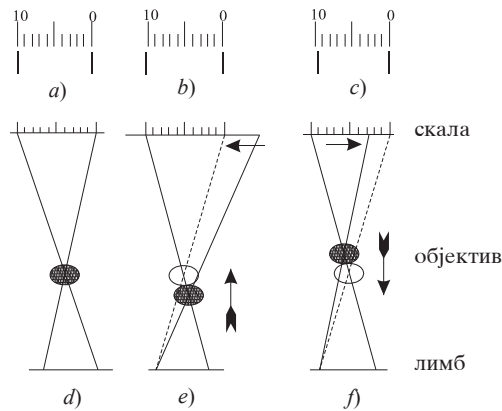
Кај старите типови на инструменти должината на скалата на цртички изнесува 10' или 20' (сл. 7.35.), додека кај инструментите со нова конструкција должината на скалата изнесува еден степен, кој претставува и најмал податок на лимбот. Со помош на систем од призми и огледала, ликовите на поделбата на хоризонталните и вертикалните лимбови се претставени во видното поле на микроскопот чиј окулар се наоѓа покрај окуларот на дурбинот (сл. 7.36.). Скалата од цртички на микроскопот ја сече само една цртичка што го означува целиот степен. Се чита така што за степен се зема онаа вредност на степенот чија цртичка ја сече скалата од цртички, а на скалата од цртички со таа црта се отчитува бројот на минутите и деловите од една минута. Кај некои стари типови на теодолити, најмалиот податок на лимбот е 20', а скалата од цртички има 10 поделби. Според тоа, во тој случај најмалиот поделок на скалата изнесува 2', а со процена од око се чита вредноста од 0',2. Бидејќи читањето се врши со два микроскопи (лев и десен), за дефинитивна вредност се зема средната вредност од двете читања, притоа се земаат степените од левиот микроскоп, а средината се пресметува само за минутите и деловите од минутата.

Микроскопот со скала од цртички треба да ги исполнува следниве услови:

Прв услов: Цртичките на поделбата од скалата на цртички треба да бидат паралелни со цртичките на поделбата од лимбот. Испитувањето и ректификацијата на овој услов е објаснето во главата 7.8.2.

Втор услов: Ликот на скалата на цртички треба да биде еднаков со ликот на најмалиот поделок на лимбот. Испитувањето се врши така што почетокот на скалата од цртички се поставува да се поклопи со почетокот на една цртичка од лимбот.

Условот ќе биде задоволен ако притоа се поклопат крајната цртичка од скалата и наредната цртичка на лимбот. Кога случајот не е таков, тогаш условот не е задоволен, бидејќи ликот на скалата од цртички е подолг или, пак, пократок од ликот на најмалата поделба од лимбот (сл. 7.37.).



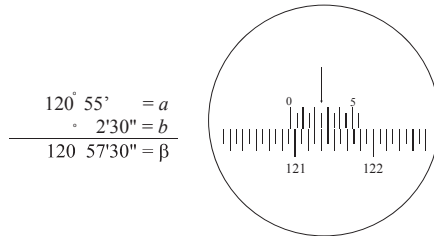
Сл. 7.37. Паралакса кај микроскоп со скала од цртички.

Ректификацијата на овој услов, односно промената на зголемувањето на микроскопот се постигнува со вовлекување или извлекување на објективната цевка, сè додека не се постигне крајната цртичка на скалата од цртички да се поклопи со наредната цртичка од поделбата на лимбот. При таква постапка ќе се појави и кончанична паралакса на микроскопот, односно рамнината на ликот на поделбата нема да се наоѓа во рамнината на кончаницата. Елиминирањето на кончаничната паралакса се постигнува со промена на должината на микроскопот, односно со приближување или оддалечување на микроскопот од лимбот. Првиот и вториот услов се испитува засебно за секој микроскоп.

Трет услов: Разликата на читањата на дијаметрално спротивните микроскопи треба да изнесува 180° (200^g). Условот се испитува и ректифицира на идентичен начин како кај микроскоп со цртичка.

7.7.4. Микроскоп со нониус

Микроскопот со нониус (сл. 7.38.) во рамнината на кончаницата содржи нониус. Читањето на поделбата на лимбот со помош на нониус е веќе објаснета, а условите кои овој микроскоп треба да ги исполни се исти како и кај микроскопот со скала од цртички.



Сл. 7.38. Микроскоп со нониус.

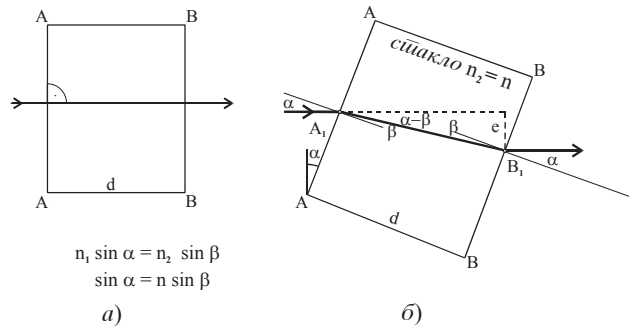
7.7.5. Микроскоп со оптички микрометар

Со помош на опишаните микроскопи во претходните глави може да се прочита поделбата на лимбот со точност од 0,1. Поточно отчитување на лимбот ни овозможува микроскопот со оптички микрометар. Сите современи инструменти кои имаат стаклен лимб имаат и микроскоп со оптички микрометар. Оптичкиот микрометар се состои од сложен оптички систем во кој основен елемент е планпаралелната плочка или, пак, оптичкиот клин.

А) Планпаралелна плочка

Планпаралелна плочка е стаклена плочка со две паралелни страни.

Кога светлосниот зрак паѓа под прав агол на планпаралелната плочка (на рамнината на површината AA), го продолжува движењето и притоа не го менува својот насока (сл. 7.39.).



Сл. 7.39. Планпаралелна плочка.

Ако планпаралелната плочка се заротира (заврти) за агол α , светлосниот зрак нема веќе да паѓа под прав агол, туку со нормалата ќе зафаќа агол α . Бидејќи зракот поминува од оптички поретка средина во оптички погуста средина (од воздух во стакло), ќе се прекрши кон нормалата на страната AA под агол β ($\alpha > \beta$) и ќе го продолжи своето движење до рамнината BB , на која паѓа под агол β во однос на нормалата, каде што повторно ќе се прекрши под агол α од нормалата, затоа што поминува од оптички погуста во оптички поретка средина (од стакло во воздух).

Бидејќи влезниот агол и излезниот агол кон нормалата меѓусебно се исти, значи дека влезниот и излезниот зрак меѓусебно ќе бидат паралелни. Спред тоа ротацијата на планпаралелната плочка предизвикува паралелно поместување на светлосниот зрак. Зракот по излегувањето од планпаралелната плочка го задржува правецот кој го имал пред да падне на неа, само е поместен транслаторно за вредност e . Доколку ротацијата на плочката е поголема, тогаш и вредноста e ќе биде поголема.

Зракот низ планпаралелната плочка го поминува патот $A_1 \rightarrow B_1$ (сл. 7.39), односно:

$$\overline{A_1 B_1} = \frac{d}{\cos \beta}, \quad (7.10.)$$

а по излегувањето траслаторно ќе се помести за големината e која изнесува:

$$e = d \cdot \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta} = d \cdot (\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta). \quad (7.11.)$$

Бидејќи, аглиите α и β се мали, може да ги извршиме следниве замени:

$$\sin \alpha = \alpha \quad \cos \alpha = 1 \quad \cos \beta = 1, \quad (7.12.)$$

со што се добива:

$$\sin \beta = \frac{1}{n} \cdot \sin \alpha = \frac{1}{n} \cdot \alpha$$

и со замена во (7.11.) се определува поместувањето на знакот e , односно:

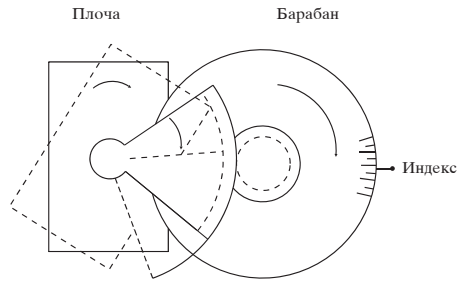
$$e = d \cdot \left(\alpha - \frac{1}{n} \cdot \alpha \right) = d \cdot \alpha \cdot \frac{n-1}{n}. \quad (7.13.)$$

Врз основа на формулата (7.13.) може да се заклучи дека транслаторното поместување зависи од:

- дебелината на планпаралелната плочка d ;
- аголот на ротација на планпаралелната плочка α ;
- видот на стаклото, односно неговиот индекс на прекршување n .

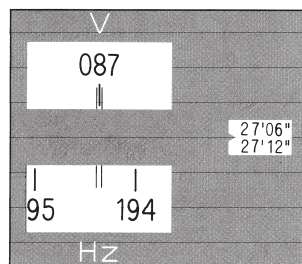
Б) Оптички микрометар

Оптичкиот микрометар со планпаралелна плочка во рамнината на кончаницата има една или две блиски паралелни црти. ПOMEѓу објективната леќа на микроскопот и кончаницата се наоѓа планпаралелната плочка која може да ја ротираме околу нејзината оска. За оската на планпаралелната плочка е сврзан лачен запчаник кој се потпира на помал запчаник на барабанот на оптичкиот микрометар (сл. 7.40.).



Сл. 7.40. Оптички микрометар со планпаралелна плочка.

Ликот на поделбата на лимбот, што го создава објективната леќа на микроскопот, нема да се поклопува со индексната цртиска на кончаницата. Делувајќи на барабанот (со вртење, лево или десно) на оптичкиот микрометар, планпаралелната плочка се врти сè додека ликот на поделбата не се поклопи (*коинцидира*) со цртиската на кончаницата или сè додека не заземе симетрична положба во однос на двете блиски цртиски на кончаницата (сл. 7.43.). Еден полн круг на *барабанот* (тркалото) од оптичкиот микрометар одговара на најмалата поделба на лимбот и најчесто изнесува 1° . На барабанот од оптичкиот микрометар степенот се дели на помали делови, односно на минути и секунди. Опишаниот начин на читање се применува кај инструментите од фирмата WILD T1 (сл. 7.41.). Со помош на овој оптички микрометар се чита само на едно место на поделбата на лимбот, па со тоа читањето е оптоварено со грешката која се случува поради ексцентричноста на алхидата.

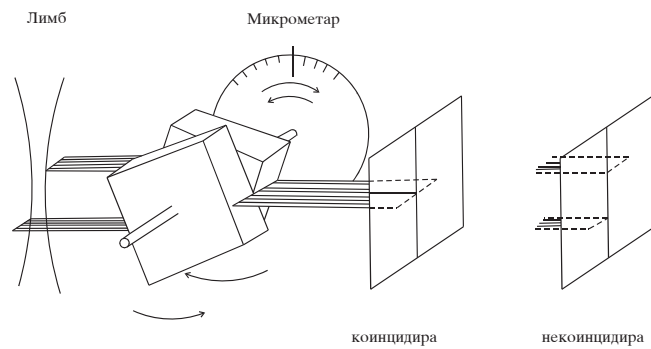


читање:
 $a = 87^\circ$
 $b = 27'09''$
 $\beta = a + b = 87^\circ 27'09''$

Сл. 7.41. Читање на оптички микрометар со планпаралелна плочка

Ако ја читаме поделбата на двата дијаметрално спротивни краеве на лимбот, како резултат се зема аритметичката средина од вредностите, кој е ослободен од грешката поради ексцентричност на алхидадата. За да се избегне оваа грешка, кај инструментите наменети за прецизни агловни мерења вграден е оптички микрометар кој овозможува непосредно да се прочита вредноста која одговара на средината на читањата на двата дијаметрално спротивни краеве на лимбот.

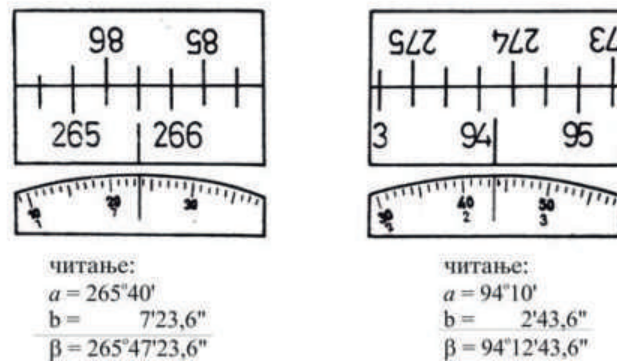
Тоа значи дека во видното поле на окуларот на микроскопот треба да се појават ликовите на дијаметрално спротивните поделби на лимбот. Со помош на сложен оптички систем, составен од призми, сочива и огледала, ликовите на дијаметрално спротивните поделби на лимбот се пресликуваат на едно место во видното поле од микроскопот. Цртчките на дијаметрално спротивните краеве на поделбата нема да се поклопат со индексната цртчка на кончаницата на микроскопот. Цртчките на едниот крај на поделбата на лимбот ќе се наоѓаат лево од индексната цртчка на кончаницата на микроскопот, додека, пак, цртчките на дијаметрално спротивниот крај на лимбот ќе бидат на исто растојание од индексната цртчка, но на десната страна. На патот од објективот на микроскопот до кончаницата, зраците кои го носат ликот на дијаметрално спротивните краеве на поделбата на лимбот поминуваат низ две планпаралелни плочки. За да може ликовите на цртчките на спротивните краеве на поделбата на лимбот да се доведат да коинцидираат со индексната цртчка на кончаницата на оптичкиот микрометар, како и меѓусебно да се поклопуваат, мора да се поместат за иста големина, но во спротивна насока. Тоа се овозможува со спротивна ротација на планпаралелните плочки (сл. 7.42.) низ кои поминуваат ликовите на дијаметрално спротивните поделби на лимбот.



Сл. 7.42. Коинцидирање со паралелна линија.

Постапка на читање: Во еден дел од видното поле на микроскопот се пресликани ликовите на дијаметрално спротивните краеве на поделбата на лимбот и индексната цртиска на кончаницата од микроскопот, а во другиот дел поделбата на барабанот на оптичкиот микрометар (сл. 7.43.). Најнапред се воочува поделбата на лимбот, на пр., степенот е поделен на три дела со најмала поделба од 20' (како кај теодолитите WildT2). Потоа, делувајќи на барабанот (со вртење) на оптичкиот микрометар, цртиските на дијаметрално спротивните краеве на поделбата на лимбот се подесуваат да коинцидираат. Притоа, индексната цртиска на кончаницата на микроскопот или ќе коинцидира со цртиските на поделбата на лимбот или ќе биде на средината меѓу двете соседни цртиски на поделбата на лимбот.

Растојанието од соседните цртиски на поделбата на лимбот до индексната цртиска на микроскопот е двапати помало отколку цртиската на дијаметрално спротивниот крај на поделбата на лимбот, па наместо 20' најмалиот поделок на лимбот треба да се смета дека изнесува 10', кога се чита со помош на дијаметрално спротивната поделба на лимбот. Според тоа, читањето може да го извршиме со индексот на поделбата и тогаш најмалата поделба изнесува 20' на лимбот или, пак, со дијаметрално спротивните краеве на поделбата на лимбот и тогаш најмалата поделба изнесува 10' на лимбот. Постапката на читањето се состои од три дела (сл. 7.43.):



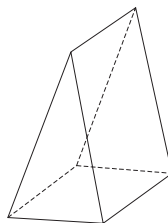
Сл. 7.43. Читање на инструментите Wild.

- се читаат вредностите на целите степени (бројот кој е прв од левата страна на индексната цртичка на микроскопот), т.е. бројот 265, прикажан на сл. 7.43а.;
- се бројат полињата од цртичката на прочитаниот степен до цртичката на дијаметрално спротивниот степен на поделбата на лимбот и се сметаат по $10'$;
- на добошот на оптичкиот микрометар се читаат вредностите на целите минути (од $0'$ до $9'$, поголеми испишани со броеви во долниот дел), а потоа се читаат секундите и десетите делови од секундата.

На опишаниот начин се чита поделбата на лимбот кај инструментите од фирмата Wild (T2, T3 и T4).

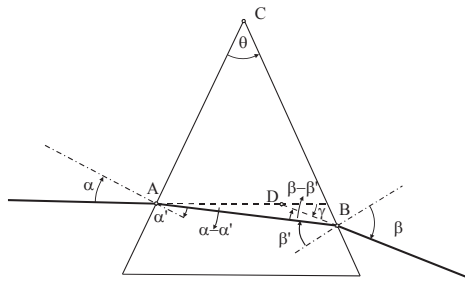
В) Оптички микрометар со оптички клин

Оптички клин е призма од стакло обработена во облик на клин (сл. 7.44.).



Сл. 7.44. Оптички клин.

Движењето на зракот низ клинот е прикажана на сл. 7.45.



Сл. 7.45. Движење на светлоста низ оптички клин.

Од триаголникот ABD на сл. 7.45. следува:

$$\gamma = (\alpha - \alpha') + (\beta - \beta') \quad (7.14.)$$

односно:

$$\gamma = (\alpha + \beta) - (\alpha' + \beta'). \quad (7.15.)$$

Ако во последната равенка ги замениме следниве вредности:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= n \cdot \sin \alpha' & \alpha &= n \cdot \alpha' \\ \sin \beta &= n \cdot \sin \beta' & \beta &= n \cdot \beta' \end{aligned}$$

ќе добиеме:

$$\gamma = n \cdot (\alpha' + \beta') - (\alpha' + \beta') = (\alpha' + \beta') \cdot (n - 1). \quad (7.16.)$$

Од триаголникот ABC на сл. 7.45., следува:

$$\theta + (90^\circ - \alpha') + (90^\circ - \beta') = 180^\circ, \quad (7.17.)$$

односно:

$$\theta = \alpha' + \beta'. \quad (7.18.)$$

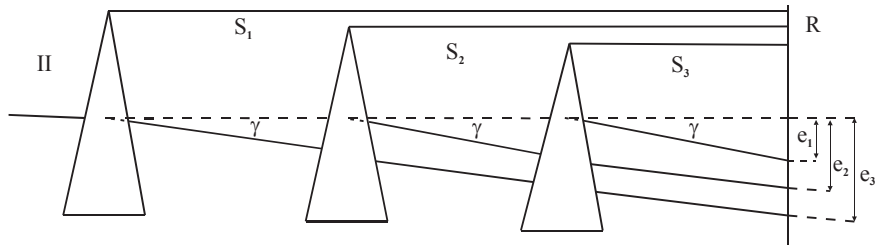
По замената на формулата (7.18.) во изразот за γ (7.16.) ќе се добие вредноста на аголот за која влезниот зрак се прекршува кон нормалата по излегувањето од оптичкиот клин:

$$\gamma = \theta(n - 1). \quad (7.19.)$$

Значи, прекршувањето на зракот зависи од обликот на клинот (аголот при врвот θ) и од видот на стаклото (индексот на

прекршување n). Линеарното поместување e_i во однос на правецот кој зракот би го задржал ако не поминел низ клинот (нултата положба на зракот), зависи од прекршниот агол и од оддалеченоста на оптичкиот клин S_i (сл. 7.46) во рамнината R , односно:

$$e_i = S_i \cdot \operatorname{tg} \gamma . \quad (7.20.)$$



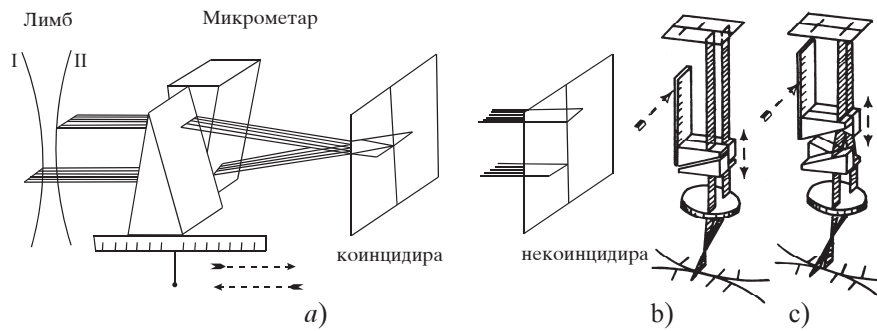
Сл. 7.46. Линеарно поместување.

Затоа поместувањето на оптичкиот клин во насока на движењето на зракот во некоја рамнина π , ќе се менува за мали вредности на линеарното свртување на зракот e_i во однос на нултата положба.

Во тој случај, слично како кај оптичкиот микрометар со планпаралелна плочка, меѓу објективната леќа на микроскопот и кончаницата на микроскопот сместен е оптичкиот клин. Со поместување на оптичкиот клин по должината на микроскопот може да се подесат цртичките на поделбата на лимбот да се поклопат со индексната цртичка на кончаницата на микроскопот. На линијарот (размерникот) на оптичкиот микроскоп во видното поле на микроскопот се отчитува вредноста на поделбата на размерникот изразена во секунди (сл. 7.47., b и c).

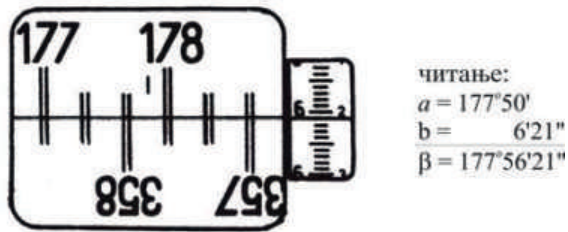
Постапката на читање е следна:

- прво се воочува вредноста на најмалата поделба на лимбот (сл. 7.48. најмалата поделба на лимбот изнесува $20''$);
- се подесуваат ликовите на цртичките на дијаметрално спротивните краеве на поделбата на лимбот да коинцидираат (првата поделба има вертикално испишани броеви на степените, а кај другата поделба броевите се превртени);



Сл. 7.47. Читање со помош на оптички клин.

- се воочуваат двата дијаметрално спротивни броеви на степените на поделбата на лимбот, од кои еден е вертикално испишан број од левата страна до спротивно напишаниот број;



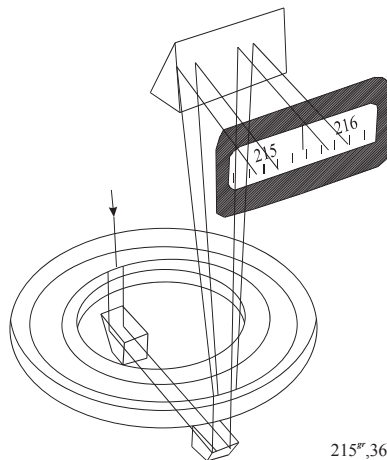
Сл. 7. 48. Поделба на лимб доведена во видно поле со помош на оптички клин.

- степенот е бројот кој е исправено испишан;
- се бројат броевите на поделбите од тој број до бројот кој е дијаметрално спротивен со него, со тоа што вредноста на поделбите се смета двапати помала од вистинската вредност (по $10'$);
- на линијарот од оптичкиот микрометар се читаат целите минути и секунди.

Г) Лимбови со двојна поделба

Некои фирми (на пр. Kern) изработуваат лимбови со двојни кругови. На лимбот се нанесени две поделби:

- надворешна поделба или главна поделба на која степените се означени со соодветни броеви и тие се поделени на помали поделби од по $10'$ или $20'$;
- внатрешна поделба или помошна поделба на која целите степени се означени со цртички и не се испишани броевите на степените. Најмалиот податок на помошната поделба понекогаш изнесува еден степен. Кај некои лимбови помошната поделба е означена со двојни цртички. Помошната поделба служи како индекс за прецизно читање на главната поделба (сл. 7.49.).



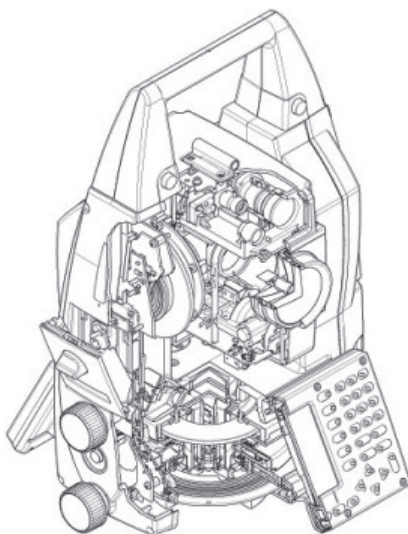
Сл. 7.49. Лимб со двојна поделба.

Карактеристиките на таквите лимбови, како и постапката на нивното читање тука нема да бидат објаснети.

Д) Елекџронски лимбови

Со појавата на тоталните станици (за кои ќе стане збор подоцна) се јавуваат и електронските лимбови. Тие исто се изработуваат од стакло но нивната поделба е направена со наизменично обојување на стаклото со светла и темна боја (слично

како кај баркодовите што ги има на секој производ) и отчитувањето се врши со помош на фотодиода. Кога фотододата ќе заврши со системот за распознавањето на полињата, за кој сега нема да стане збор, на екранот од тоталната станица се испишува бројната вредност на хоризонталниот и вертикалниот насока.



Сл. 7.50. Изглед на електронски лимб.

7.8. ВИЗИРАЊЕ

Под визирање се подразбира постапка со која визурата се доведува во насока на некоја точка или предмет. Постапката на визирањето се состои од грубо визирање и точно визирање. Грубото визирање значи дека визурата се доведува приближно во насока на набљудуваниот предмет со помош на специјален нишан (слично како нишан на пушка), кој се наоѓа над дурбинот. Кај некои инструменти нишанот се состои од кратка цевка низ која се гледа темен триаголник или права на темна подлога. Пред грубото визирање потребно е да се ослободи кочницата на алхидадата и дурбинот. Потоа дурбинот може да се

постави во саканиот насока. Со едната рака се држи кочницата на алхидадата, а со другата се држи дурбинот (веднаш пред окуларот) и со помош на нишанот се вперува визурата колку може подобро во насока на набљудуваниот предмет. Потоа, се завртуваат и двете кочници (на алхидадата и на дурбинот).

Доколку се работи внимателно, во видното поле на дурбинот ќе се гледа ликот на набљудуваниот предмет. Со тоа е завршено грубото визирање.

Точното визирање значи прецизно доведување на визурата во саканиот правац. По грубото визирање потребно е визурата да се помести по хоризонтала и по вертикала. Ваквите движења на визурата се постигнуваат со помош на микрометарските винтови 10 и 14, кои функционираат само откако ќе се закочат кочниците на алхидадата 9 и дурбинот 13, прикажани на сл. 7.3.

Посебно треба да се истакне дека постојат винтови за грубо и точно поместување на визурата. Со нив хоризонтално се поместува алхидадата, а вертикално – дурбинот. При точното визирање треба да се води сметка завртувањето на микрометарскиот винт да биде во насока на движењето на стрелките на часовникот. Причината за ваквото вртење на микрометарскиот винт може да се согледа од сликата 7.29. Микрометарскиот винт при поместување на полугата на затегнувачот или го собира својот федер или го отпушта. Ако последното завртување на микрометарскиот винт го направиме во спротивна насока од насоката на движењето на стрелките на часовникот, федерот ќе се издолжи. Меѓутоа, отпуштањето на федерот нема да биде во ист момент, туку ќе се одвива и по престанувањето на движењето на микрометарскиот винт. Затоа, во меѓувреме може да се случи при читање на агловната поделба, визурата „сама“ да се помести од навизираната точка. Ваквото поместување се случува поради задоцнетото дејство на микрометарскиот винт. Затоа, по правило, последното движење кое го правиме со микрометарскиот винт треба да биде во насока на движењето на стрелките на часовникот, затоа што федерот тогаш се собира и не може да дојде до задоцнето дејство на истиот. Движењата кои ги правиме со нашите раце не се совршени, па е можно при визирањето да се случи визурата да ја помине точката која ја визираме. Во таков случај треба да се повтори точното

визирање откако микрометарскиот винт ќе се заврати во спротивна насока на движењето на стрелките на часовникот.

7.9. РЕКТИФИКАЦИЈА НА ТЕОДОЛИТОТ

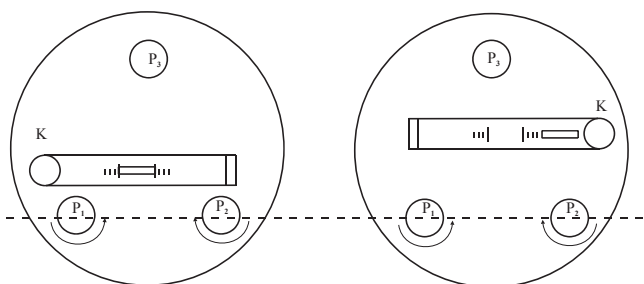
Како што е познато, со помош на теодолитот се мерат хоризонтални агли. Затоа кога се вршат мерења на хоризонтални агли, поделбата на лимбот мора да лежи во хоризонтална рамнина, а визурата при вртењето на дурбинот околу својата обртна оска опишува вертикална рамнина. Теодолитот треба да ги задоволи следните услови.

Прв услов: Оската на либелата на алхидадата треба да биде нормална на алхидадината оска, односно алхидадината оска треба да биде вертикална во просторот.

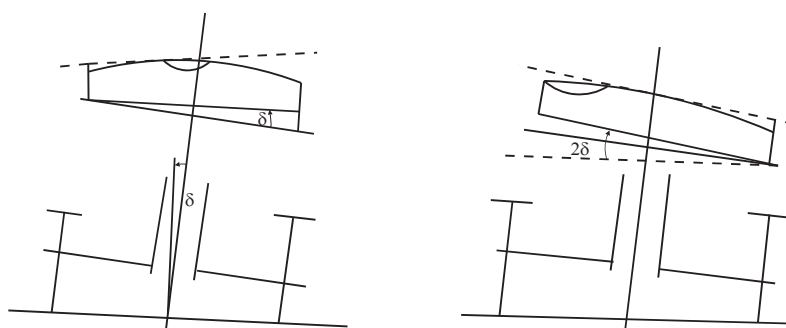
Испитување на првиот услов: Откако ќе го поставиме и зацврстиме теодолитот на статив, со дејствување на положбените винтови инструментот го поставуваме во приближно хоризонтална положба (го доведуваме меурот на центричната либела да врвни). Потоа го испитуваме условот.

Движејќи ја алхидадата ја доведуваме цевчестата либела, која се наоѓа на алхидадата, да биде приближно паралелна со замислениот насока на два (кои било) положбени винта (сл. 7.51.).

Со помош на тие два винта го доведуваме меурот на цевчестата либела да врвни {положбените винтови се вртат во спротивни насоки (сл. 7.51.)}. Потоа алхидадата ја вртиме за 180° , а заедно со неа се врти и цевчестата либела, за да ја заземе положбата која ќе биде приближно паралелна со нејзината претходна положба (сл. 7.51.). Во новата положба ако меурот на либелата врвни, условот е задоволен. Доколку меурот на либелата отстапува, тогаш, таквото отстапување е двојно (сл. 7.52.).



Сл. 7.51. Постапка за испитување на I-оii услов.



Сл. 7.52. Насианување на двојно оiiспитување.

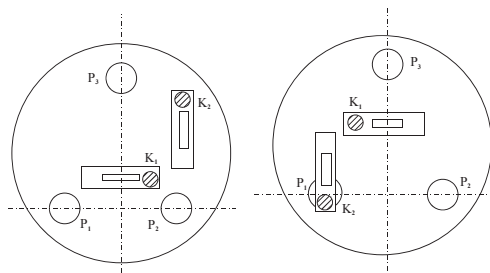
Едната половина од отстапувањето на меурот на либелата е предизвикано од тоа што алхидадината оска не е вертикална, а другата половина е предизвикана од тоа што либелината оска не е нормална на алхидадината оска. Отстапувањето на меурот на либелата се отстранува во зависност од причината од која е предизвикано отстапувањето. Половината од отстапувањето се поправа со корекционите винтови на либелата, а другата половина со положбените винтови. Бидејќи отстапувањето не може во целост да се поправи со една постапка, опишаната постапка ја повторуваме повеќе пати, односно ја повторуваме постапката додека отстапувањето на меурот на либелата од двете положби не биде поголемо од половина парс од поделбата на цевчестата либела. За да може алхидадината оска да се доведе во вертикална положба, доволно е алхидадата да ја завртиме за 90° , така цевчестата либела да дојде во насока на третиот

положбен винт и тогаш со истиот винт (третиот) го доведуваме меурот на либелата да врвни. Во сите положби на алхидадата на инструментот, меурот на цевчестата либела треба да врвни. Ако тоа не е случај, целата постапка на ректификација се повторува.

Кога првиот услов е задоволен, меурот на цевчестата либела на алхидадата ќе врвни во сите положби на алхидадата. Тогаш, алхидадината оска зазема вертикална положба во просторот, а поделбата на лимбот се наоѓа во хоризонтална рамнина. Во вакви услови, ако постои центрична либела и нејзиниот меур треба да врвни. Доколку меурот на кружната либела не врвни, тоа значи дека оската на центричната либела не е паралелна со алхидадината оска. Ректификацијата на центричната либела се состои во тоа што меурот на либелата се доведува да врвни со помош на корекционите винтови на кружната либела.

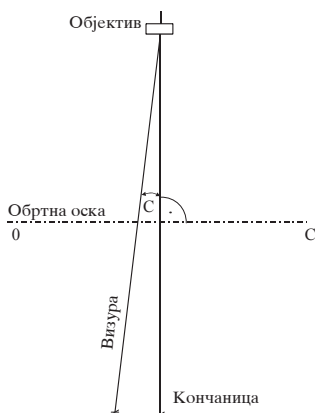
Кога на алхидадата постојат две цевчести либели, кои меѓусебно стојат под агол од 90° , нивното испитување и ректификација може да ги вршиме заедно, со тоа што за испитување на втората либела треба да го користиме третиот положбен винт (сл. 7.53.).

Објаснување: Многу е важно при мерењето на хоризонтални агли, лимбот да биде хоризонтален, односно алхидадината оска да биде вертикална. Доколку алхидадината оска не е вертикална, туку со вертикалата зафаќа агол δ , тогаш вредностите на мерените агли ќе бидат оптоварени со неизбежни грешки кои зависат од аголот δ . Ваквата грешка (грешка заради невертикалност на алхидадината оска) не може да се отстрани со методата на работа. Доколку аголот δ е поголем, тогаш и вредноста на грешките ќе биде поголема. Затоа, испитувањето и ректификацијата на првиот услов треба совесно да се спроведе. Во текот на мерењето на аглие потребно е да се врши контрола на меурот на либелата. Ако меурот на либелата отстапи повеќе од 2 до 3 парса, мерењата се прекинуваат, меурот на либелата се дотерува да врвни и се повторуваат започнатите мерења.



Сл. 7.53. Положба на алхидатаџа при центрирањето.

Втор услов: Визурата треба да биде нормална на обртната оска на дурбинот.



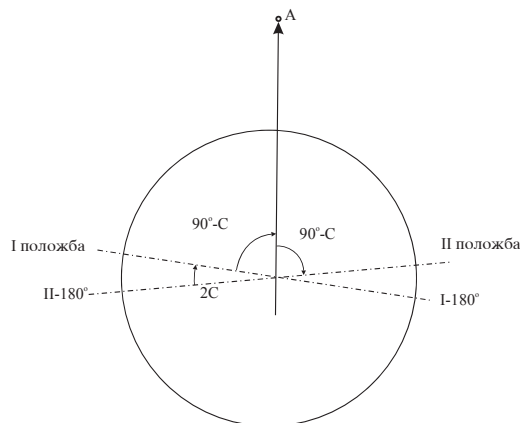
Сл. 7.54. Визура.

Како што е прикажано, визура е права која го поврзува оптичкиот центар на објективната леќа и пресекот на конците на кончаницата. Кончаничниот прстен, а со тоа и кончаницата можат да се поместуваат со помош на соодветни корекциони винтови (сл. 7.54.). Аголот c кој го формираат нормалата на обртната оска на дурбинот и визурата се нарекува *колимациска грешка*. Таа ни ја дава информацијата за колку визурата отстапува од нормалноста со обртната оска на дурбинот.

Нормалноста на визурата и обртната оска на дурбинот може да се испита на два начини: со помош на двојна или четири-кратна колимациска грешка.

А) Испитување со двојна колимациска грешка

По ректификацијата на првиот услов и поставувањето на алхидадата во вертикална положба, се испитува нормалноста на визурата со обртната оска на дурбинот. Во првата положба на инструментот (кога вертикалниот лимб е од левата страна на операторот) се визира една точка, која е на приближно иста висина како и инструментот (визурата да биде приближно хоризонтална) на растојание од 200 m од инструментот и се чита поделбата на хоризонталниот лимб (сл. 7.55.). Потоа истата точка ја навизираме во втора положба на инструментот (кога вертикалниот круг е од десната страна на операторот) и повторно се врши читање на хоризонталниот лимб. Ако читањата во првата и втората положба на инструментот се разликуваат за 180° , вториот услов е задоволен. Доколку разликата на читањето е помала или поголема од 180° , постои колимациска грешка c која треба да се одреди.



Сл. 7.55. Двојна колимациска грешка.

Ако претпоставиме дека визурата не е нормална на обртната оска на дурбинот и ако со неа зафаќа агол од $90^\circ - c$, и индексите за читање на поделбата се наоѓаат во насока на обртната оска на дурбинот. Кога ќе ја навизираме точката A во пр-

вата положба на дурбинот, индексот за читање ќе биде во положбата I, односно ќе биде во однос на визурата под агол од $90^\circ - c$. Потоа дурбинот го поставуваме во втората положба и повторно се навизира точката A, а индексот за читање сега доаѓа во положбата II.

Од сл. 7.55. се гледа дека разликата на читањето:

$$2c = (II - 180^\circ) - I, \quad (7.21.)$$

претставува двојна колимациска грешка.

Читањата кои ќе бидат ослободени од двојната колимациска грешка ќе се добијат ако вредноста на колимациската грешка алгебарски се собере со читањето на поделбата на лимбот од првата положба на инструментот или се одземе од вредноста на читањето на поделбата на лимбот во втората положба. Според тоа, ако точката се визира во двете положби на дурбинот, па како дефинитивна вредност на читањата на минутите и секундите се земе средната вредност од првата и втората положба на дурбинот, ќе се добие вредност која е ослободена од влијанието на колимациската грешка.

Ректификацијата на овој услов се врши на следниов начин:

- се пресметува вредноста на читањето, поправено од влијанието на колимациската грешка;
- дејствувајќи на микрометарскиот винт на алхидадата се мести читањето кое е пресметано, поради што визурата ќе се помести од навизираната точка;
- поместувајќи го кончаничниот прстен со помош на корекциските винтови, се подесува визурата (со пресек на конците) да ја погодува навизираната точка. Со тоа е завршена ректификацијата на овој услов.

Пример 7.3: При испитувањето на условот (нормалноста на визурата со обртната оска на дурбинот), добиени се следниве резултати на читањата:

I положба - лев индекс: $192^\circ 26', 8$; – десен индекс: $- 12^\circ 26', 6$

II положба - лев индекс: $12^\circ 28', 4$; – десен индекс: $- 192^\circ 28', 6$.

Да се пресмета вредноста на колимациската грешка:

средно читање во I положба – $192^\circ 26', 7$

средно читање во II положба – $12^\circ 28', 5$

$$\frac{2c = \text{II} - \text{I} = + 1',8}{c = \quad \quad + 0',9}$$

Читањата кои се ослободени од влијанието на колимациската грешка ќе изнесуваат:

во I положба на дурбинот – $192^{\circ}27',6$

во II положба на дурбинот – $12^{\circ}27',6$.

Објаснување бр. 1: Кога лимбот се чита на две дијаметрално спротивни места, а ако како дефинитивна вредност на минутите и секундите се земе нивната средна вредност, тогаш читањето е ослободено од влијанието на ексцентрицитетот на алхидадата.

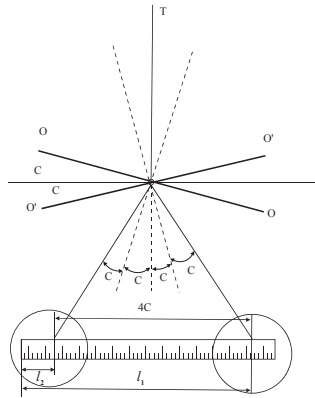
Објаснување бр. 2: Кога точките се визираат во двете положби и се чита поделбата на лимбот, а ако како дефинитивна вредност се земаат минутите и секундите од двете положби, тогаш добиваме вредност ослободена од влијанието на колимациската грешка.

Б) Испитување со четирикратна колимациска грешка

Слично како и кај испитувањето со помош на двојна колимациска грешка во првата положба на инструментот треба да се навизира една точка, на пример точката А. Потоа, дурбинот се врти околу својата обртна оска во втората положба и се врши читање на летвата со помош на вертикалната црта на кончаницата l_1 . Летвата се поставува на растојание од околу 40 m така што да лежи хоризонтално по теренот и приближно треба да е нормална на визурата. Потоа, во втората положба на инструментот повторно ќе се навизира истата точка, го вртиме дурбинот сега во првата положба и вршиме читање на летвата l_2 . Ако разликата е $(l_1 - l_2) < 3 - 4 \text{ mm}$, може да кажеме дека условот е задоволен, т.е. визурата е нормална на обртната оска на дурбинот. Но, доколку $(l_1 - l_2) > 3 - 4 \text{ mm}$ условот не е задоволен и треба да се изврши ректификација.

Разликата $l_1 - l_2$ настанува поради постоењето на четирикратна колимациска грешка $4c$ (сл. 7.56). Ако претпоставиме дека визурата не е нормална на обртната оска на дурбинот (О–О), туку со неа зафаќа агол од $90^{\circ} - c$, при ротација на дурбинот

околу својата обртна оска визурата ќе опише конус чии изводници зафаќаат агол $180^\circ - 2c$. Затоа визурата во втората положба ќе отстапи од 180° за износ на двојната колимациска грешка $2c$, па на летвата ќе се добие читање l_1 . Ако точката А се навизира во втората положба на дурбинот, обртната оска на дурбинот ќе ја заземе положбата $O'-O'$.



Сл. 7.56. Четирикратна колимациска грешка.

При ротацијата на дурбинот од втората положба во првата, визурата ќе отстапи од 180° за агол $2c$, па на летвата ќе се добие читање l_2 . Според тоа, централниот агол кој одговара на разликата на читањата $l_1 - l_2$ изнесува $4c$. За да се изврши ректификација треба да се поместува кончаничниот прстен сè додека вертикалната црта на кончаницата не се намести на читање:

$$l = l_1 - \frac{l_1 - l_2}{4}.$$

Пример 7.4: При испитување на нормалноста на визурата и обртната оска на дурбинот со помош на четирикратната вредност на колимациската грешка поставена е хоризонтална летва на растојание од $S = 40$ m од инструментот. Читањата кои се добиени на летвата при испитувањата се:

$$\begin{aligned} \text{во I положба на дурбинот } l_1 &= 1,270 \text{ m} \\ \text{во II положба на дурбинот } l_2 &= 1,262 \text{ m} \\ l_1 - l_2 &= 0,008 \text{ m} \end{aligned}$$

Да се пресмета:

- вредноста на колимациската грешка;
- да се пресмета читањето кое треба да изнесува на летвата, поместувајќи го кончаничниот прстен за да се поништи колимациската грешка, ако моменталната положба на читањето изнесува l_2 .

Решение:

$$\text{a) } 4c = \frac{0,008}{40} \cdot 206265''$$

$$c = \frac{8}{160000} \cdot 206265'' = 10'',31,$$

$$\text{б) } l = l_2 + \frac{l_1 - l_2}{4} = 1,262 + 0,002 = 1,264m.$$

Постојат две постапки за испитување на условот за нормалност на визурата со обртната оска на дурбинот. Тука ќе истакнеме некои карактеристики и на двете постапки на испитување.

Точноста на испитувањето на нормалноста на визурата и обртната оска на дурбинот, со помош на четирикратната колимациска грешка изнесува:

$$c = \frac{1mm}{40000} \cdot 206265'' = 5'',2.$$

Тоа значи дека ректификацијата на условот за нормалност на визурата и обртната оска на дурбинот не може да се оствари со помала грешка од 5". Ако точноста на читањето е поголема од 5", тогаш оваа точност е сосема задоволителна. Меѓутоа, кај прецизните инструменти (чиј податокот на нониусот е 1") се бара поголема точност. Таквата точност може да ја оствариме ако ја примениме постапката на двојна колимациска грешка.

Кај теодолитите, кај кои поделбата на лимбот се чита само на едно место, а не на две дијаметрално спротивни места, читањето ќе биде оптоварено со влијанието на ексцентрицитетот на алхидадата. Кога постои ексцентрицитет на алхидадата, секое читање на поделбата на лимбот ќе биде повеќе или помалку оптоварено со грешката која се случува поради ексцентрицитетот на алхидадата. Исто така и разликата на читањата на

поделбата на лимбот при визирање на една иста точка во две положби на инструментот, покрај оптоварувањето со вредноста на двојната колимациска грешка ќе биде оптоварено и од влијанието на ексцентрицитетот на алхидадата. На овој начин, може да добиеме погрешен впечаток за колимациската грешка во зависност од местото каде се врши читањето на поделбата на лимбот (за време на испитувањето). Според тоа, условот за нормалноста на визурата и обртната оска на дурбинот кај теодолитите, каде што поделбата на лимбот се чита на едно место, треба да се исправи со помош на четирикратната колимациска грешка. Оваа констатација важи и за теодолити чиј податок на нониусот изнесува $20'' - 30''$.

Во сите останати случаи испитувањето треба да се врши со помош на двојна колимациска грешка.

Ако со испитувањето и ректификацијата не е во потполност отстранета колимациската грешка, нејзиното влијание на резултатите од мерењата на аглиите, како што е претходно нагласено, ќе се отстрани со пресметување на средните вредности на читањата за минутите и секундите добиени во две положби на инструментот.

Треш услов: „Вертикалната“ црта на кончаницата навистина треба да има вертикална положба.

Овој услов се проверува на тој начин што со вертикалната црта на кончаницата ќе се навизира некоја точка, па со движење на дурбинот околу својата обртна оска се следи дали, вертикалната црта цело време поминува низ навизираната точка. Ако таа не поминува, тогаш потребно е да се ротира кончаничниот прстен. Во тој случај винтот K_5 , на сл. 7.19. ќе се отпушти и ротирањето на кончаничниот прстен ќе се врши сè додека не се постигне вертикалната црта на кончаницата секогаш да поминува низ навизираната точка.

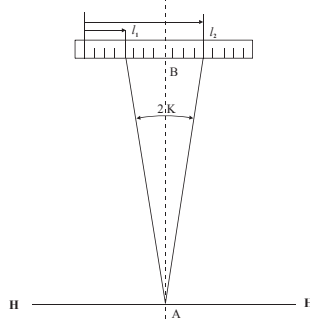
Четверти услов: Обртната оска на дурбинот мора да биде нормална на алхидадината оска.

Кога се задоволени првите два услови при ротацијата на дурбинот околу својата обртна оска, визурата опишува една рамнина. Ако притоа, обртната оска е нормална на алхидадината, односно ако обртната оска е хоризонтална, тогаш визурата ќе опишува вертикална рамнина. Доколку овој услов не е исполнет, визурата ќе опише рамнина која е закосена од верти-

калата под истиот агол под кој е навалена обртната оска од хоризонтот.

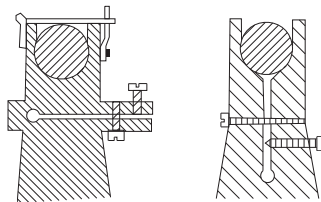
За да може овој услов да се испита, потребно е на некој висок објект (зграда, визурата да биде што пострмна) да се навизира некоја точка B , а потоа да се спушти визурата и на хоризонтална летва да се прочита отсечка l_1 (сл. 7.57.). Под претпоставка дека наведениот услов не е исполнет, визурната рамнина нема да биде вертикална, па читањето l_1 нема да биде во вертикалната рамнина.

Потоа, во втората положба на инструментот повторно се визира истата точка B , се ротира дурбинот и се чита вредноста на летвата l_2 . Ако условот не е исполнет, читањето l_2 ќе биде симетрично со читањето l_1 во однос на вертикалната рамнина AB . Разликата на читањата $l_1 - l_2$, ни покажува дека обртната оска на дурбинот не е нормална на алхидадината оска, односно дека не е хоризонтална. Ако е исполнет условот, вредноста на читањата l_1 и l_2 ќе бидат исти.



Сл. 7.57 Испитување на IV-тиот услов.

За да се изврши ректификација на овој услов, едниот крај на обртната оска на дурбинот треба да се подигне или спушти со соодветни корекциони винтови (сл. 7.58.).



Сл. 7.58. Корекциони винтови на обртната оска.

Ректификацијата на овој услов се изведува по следниов редослед:

1. Се пресметува средината од читањата l_1 и l_2

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2}.$$

2. Визурата се подесува на пресметаното читање на хоризонталната летва, со поместување на микрометарскиот винт за поместување на алхидадата.

3. Се ротира дурбинот околу својата обртна оска кон визурната точка.

4. Со менување на висината на едниот крај на обртната оска, со помош на корекционите винтови, визурата се доведува да ја погодува визурната точка, со што условот е ректифициран.

Објаснување: Иако обртната оска на дурбинот не е во целост хоризонтална (поради тоа што не е можно да се врши ректификација или не е во потполност извршена целосна ректификација) и ако агли се мерат во двете положби на инструментот, тоа што обртната оска на дурбинот не е нормална на алхидадината оска, нема да се одрази на крајните резултати на мерените агли, бидејќи резултатите претставуваат аритметичка средина од читањата во двете положби на инструментот.

7.10. ГРЕШКИ ПРИ МЕРЕЊЕ НА АГЛИТЕ

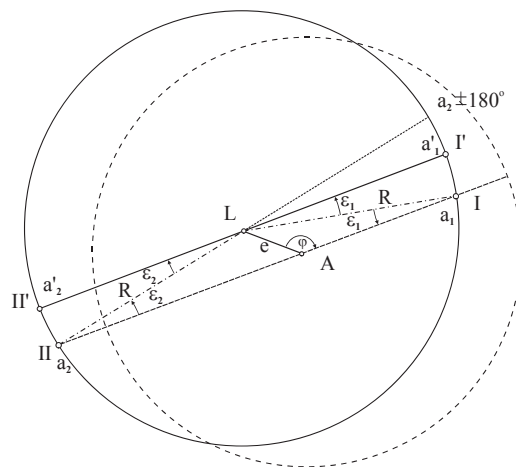
При мерење на правците (аголот се добива како разлика на два мерени правци) се јавуваат грешки на мерењата кои се случуваат поради различни причини, на пример: лични грешки на операторот, влијанието на надворешните влијанија, несовершеност на теодолитот и друго. Некои од изворите на грешките предизвикуваат грешки од таква природа што ги оптоваруваат резултатите на мерењата и тие не можат да се отстранат.

7.10.1. Ексцентрицитет на алхидадината оска

Во фабриката при изработка (конструкција) на инструментот се настојува алхидадината оска да поминува низ центарот на поделбата на лимбот. Меѓутоа, и покрај најголемата прецизност која се постигнува при конструкцијата на инструментите, не е можно да се обезбеди секогаш алхидадината оска да помине низ центарот на поделбата на лимбот или, пак, поради долготрајната употреба на инструментот доаѓа до абење на неговите осовини, па алхидадината оска не поминува низ центарот.

Растојанието меѓу оската на алхидадата и центарот на поделбата на лимбот се нарекува *ексцентрицитет* на алхидадата. Ексцентрицитетот на алхидадата има влијание при читањето на хоризонталниот лимб.

На сл. 7.59. е прикажан ексцентрицитетот на алхидадината оска (зголемено). Низ центарот на поделбата на лимбот L алхидадината оска не поминува низ A , туку од неа отстапува за големината e . На еден пречник (дијаметар) на алхидадата се сместени индексите за читање на поделбата на лимбот I и II . Во дадената положба на визурата (индексите I и II) ќе бидат читањата a_1 и a_2 . Кога не би постоел ексцентрицитет на алхидадата, индексите за читање би биле во положбите I' и II' , а исправните читања би биле a_1' и a_2' .



Сл. 7.59. Ексцентрицитет на алхидадата.

Разликите во читањата: $\varepsilon_1 = a_1 - a'_1$ и $\varepsilon_2 = a_2 - a'_2 = -(a'_2 - a_2)$ претставуваат грешки во читањата на поделбата на лимбот, поради ексцентрицитетот на алхидадата. Разбирливо е дека (од сл. 7.59.), поради насоката во која поделбата на лимбот расте, грешките во читањата ε_1 и ε_2 имаат обратни предзнаци. Со примена на синусната теорема се добива:

$$\Delta ILLA: \frac{e}{\sin \varepsilon_1} = \frac{R}{\sin \varphi}, \text{ или } \Delta ILLA: \frac{e}{\sin \varepsilon_2} = \frac{R}{\sin(180 - \varphi)}, \quad (7.22.)$$

односно:

$$\sin \varepsilon_1 = \frac{e}{R} \sin \varphi; \quad \sin \varepsilon_2 = \frac{e}{R} \sin \varphi. \quad (7.23.)$$

Бидејќи десните страни на претходните равенки се еднакви, следува дека и левите страни се еднакви, односно ќе бидат еднакви и аглиите ε_1 и ε_2 . Аглиите ε_1 и ε_2 се мали, па нивните вредности ќе бидат:

$$\varepsilon_1'' = \rho'' \frac{e}{R} \sin \varphi \text{ и } \varepsilon_2'' = \rho'' \frac{e}{R} \sin \varphi. \quad (7.24.)$$

Не е тешко да се заклучи дека грешките (ε_1 и ε_2) имаат иста апсолутна вредност, но спротивни предзнаци.

Ако го формираме збирот $\varepsilon_1 + \varepsilon_2$ ќе добиеме:

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = (a_1 + a_2) - (a'_1 + a'_2) = 0 \quad (7.25.)$$

односно:

$$a_1 + a_2 = a'_1 + a'_2 \text{ или } \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{a'_1 + a'_2}{2}. \quad (7.26.)$$

Оттука може да донесеме заклучок: ако поделбата на лимбот се чита на две дијаметрално спротивни места и за дефинитивна вредност се земе аритметичката средина, ќе се добие иста вредност како да не постои ексцентрицитет на алхидадината оска. Со читањето на поделбата на лимбот на две дијаметрално спротивни места се отстранува грешката која се случува поради ексцентричност на алхидадата. Наведената констатација истовремено е објаснување, зошто, читањата на поделбата

на лимбот треба да ги вршиме на две дијаметрални спротивни места на поделбата.

Разликата во читањата на поделбата на лимбот на две дијаметрално спротивни места ќе биде:

$$d = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 2\varepsilon = 180^\circ - (a_2 - a_1) \quad (7.27.)$$

односно:

$$d = (a_2 \pm 180^\circ) - a_1 = 2\varepsilon = 2\rho'' \frac{e}{R} \sin \varphi. \quad (7.28.)$$

Како што се гледа од последниот израз (7.28.), разликата во читањето на левиот и десниот индекс за читање на поделбата ќе зависи од:

- големината на ексцентрицитетот на алхидадината оска e ;
- аголот φ , под кој дијаметарот на алхидадата (кој го носи индексот за читање) стои во однос на ексцентрицитетот.

Оваа разлика е еднаква на нула ако радиусот се поклопува со правецот на ексцентрицитетот ($\varphi = 0^\circ$), а најголема вредност има кога се под прав агол ($\varphi = 90^\circ$).

Кога на алхидадата постојат два засебни индекси за читање на поделбата на лимбот, во тој случај, лесно може да се одреди дали има ексцентрицитет на алхидадината оска. На различни места од поделбата на лимбот со двата индекса треба да се изврши читање и потоа да се формира разликата:

$$d_i = II_i - I_i. \quad (7.29.)$$

Ако пресметаните вредности на разликата се менуваат, тоа е сигурен знак дека постои ексцентрицитет на алхидадата. На ексцентрицитетот не мора да се посветува внимание ако читањата ги вршиме на двата индекси и ако како краен резултат се зема аритметичката средина. Кај новите инструменти се врши директно читање на аритметичката средина.

Покрај ексцентричноста на алхидадината оска може да се случи индексите за читање да не се на дијаметарот, туку да отстапуваат од неговиот насока. Тогаш разликите $d_i = II_i - I_i$ ќе бидат константни под услов да не постои ексцентрицитет на алхидадината оска.

Сите читања кај теодолитите само со еден индекс (за читање на поделбата) се оптоварени со грешка заради влијанието на ексцентрицитетот на алхидадината оска:

$$\varepsilon'' = \rho'' \frac{e}{R} \sin \varphi. \quad (7.30.)$$

Големината на оваа грешка е променлива и зависи од вредностите e и φ .

Пример 7.5: Да се пресмета грешката во читањето на поделбата на лимбот со дијаметар $R=150$ mm ако ексцентрицитетот на алхидадата изнесува $e = 0,1$ mm, а аголот $\varphi = 90^\circ$.

Решение:

$$\varepsilon'' = \frac{0,1}{150} \cdot 1 \cdot 206265'' = 137'',5 = 2'17'',5.$$

Наведениот пример покажува дека многу мала вредност на ексцентрицитетот дава значајни грешки во резултатот на читањето на поделбата на лимбот.

Теодолитите кои имаат ексцентрицитет на алхидадата и еден индекс за читање на поделбата на лимбот не се употребуваат од причина што во резултатите на мерењата ќе се појават грешки.

7.10.2. Ексцентричност на визурната рамнина

Визурната рамнина треба да поминува низ алхидадината оска. Поради несовршеноста на изработката на теодолитот се случува визурната рамнина да отстапува од алхидадината оска. Таквата појава ја нарекуваме ексцентрицитет на визурната рамнина. Ексцентричната визурна рамнина, при ротација на теодолитот околу алхидадината оска ќе опишува цилиндар на кој оската му се поклопува со алхидадината оска, а радиусот на цилиндарот е еднаков на ексцентрицитетот e (сл. 7.60.). Да претпоставиме дека на сл. 7.62. центарот на поделбата на лимбот се поклопува со алхидадината оска, поради ексцентричност-

та на визурната рамнина, наместо вредноста на аголот α , во првата положба на инструментот ќе се измери аголот α' , а во втората положба аголот α'' .

Од сликата 7.60. следуваат равенките:

$$\begin{aligned} 1. \Delta ABT_1 &\Rightarrow \alpha' + \beta + \varphi = 180^\circ; \\ 2. \Delta LCT_1 &\Rightarrow \alpha + \gamma + \varphi = 180^\circ; \\ 3. \Delta CDT_2 &\Rightarrow \alpha'' + \gamma + \psi = 180^\circ; \\ 4. \Delta LBT_2 &\Rightarrow \alpha + \beta + \psi = 180^\circ. \end{aligned} \quad (7.31.)$$

Кога ќе се соберат првата и третата, и втората и четвртата, тогаш ќе се добие:

$$\begin{aligned} \alpha' + \alpha'' + \beta + \gamma + \varphi + \psi &= 360^\circ, \\ 2\alpha + \beta + \gamma + \varphi + \psi &= 360^\circ, \end{aligned} \quad (7.32.)$$

од каде што следува:

$$2\alpha = \alpha' + \alpha'', \text{ односно } \alpha = \frac{\alpha' + \alpha''}{2}. \quad (7.33.)$$

Кога аглиите се мерат во две положби на инструментот и како конечна вредност на аголот се зема аритметичката средина од двете положби, во тој случај се елиминира влијанието на ексцентрицитетот на визурната рамнина. Доколку аголот го мериме во една положба, на инструментот се добива погрешна вредност на измерениот агол. Грешката која настанува поради читањето на аголот само во една положба може да ја пресметаме како:

$$\alpha - \alpha' = \varphi - \psi, \quad (7.34.)$$

односно добиваме:

$$\alpha - \alpha' = \rho'' \cdot e \cdot \left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2} \right). \quad (7.35.)$$

Ако должините на краците на аголот S_1 и S_2 (сл. 7.60.) меѓусебно се еднакви, нема да се одрази влијанието на ексцентричност на визурната рамнина на точноста на мерењето на аголот.

Ваквото влијание особено ќе биде истакнато ако мериме агол чиј еден крак е краток, а другиот е долг.

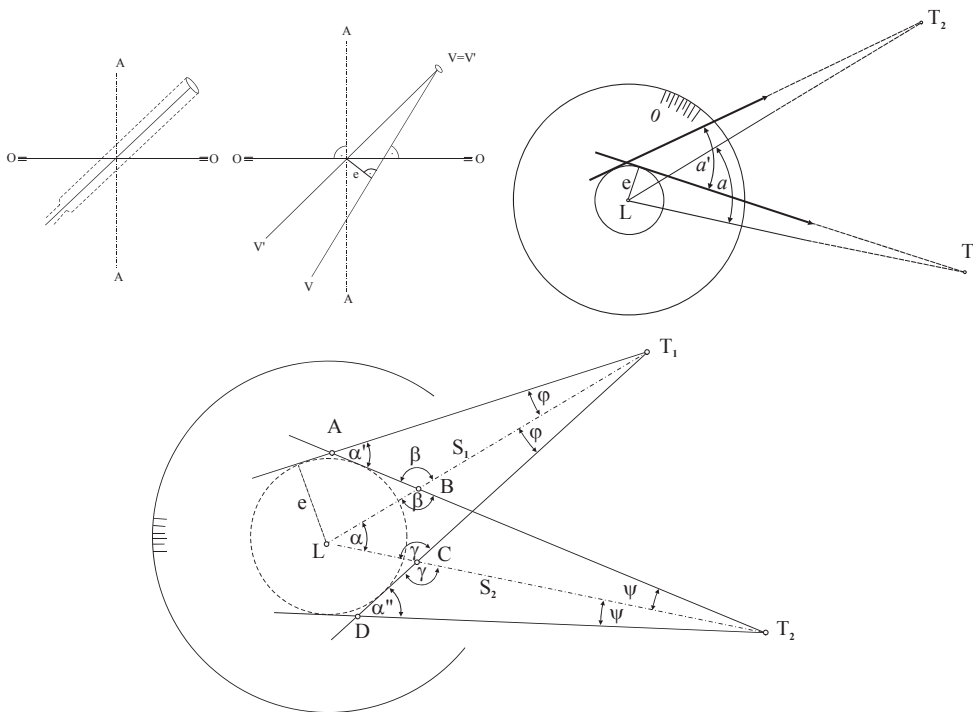
Пример 7.6: Да се најде грешката на мерениот агол во првата положба на инструментот, која се случила поради влијанието на ексцентрицитетот на визурната рамнина, т.е. ако се:

$$e = 1 \text{ mm} \quad S_1 = 20 \text{ m} \quad S_2 = 200 \text{ m}.$$

Решение:

$$\alpha - \alpha' = 206265'' \cdot 1 \text{ mm} \cdot \left(\frac{1}{20000 \text{ mm}} - \frac{1}{200000 \text{ mm}} \right)$$

$$\alpha - \alpha' = 10'',31 - 1'',03 = 9'',28.$$



Сл. 7.60. Ексцентричност на визурната рамнина.

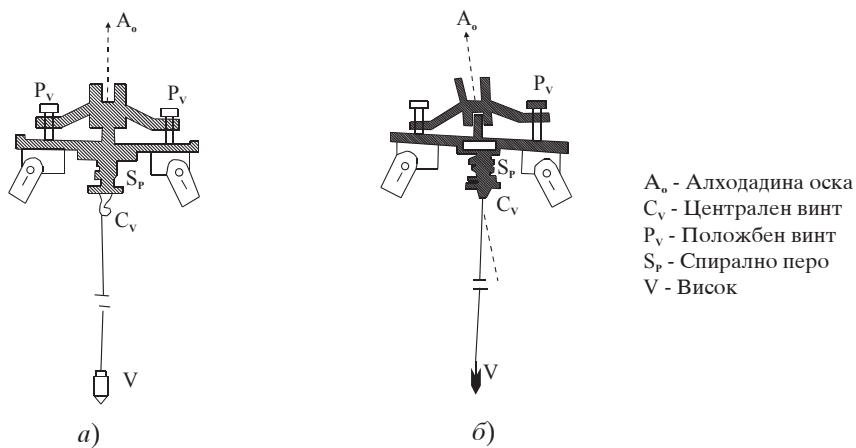
7.11. ЦЕНТРИРАЊЕ НА ТЕОДОЛИТОТ

Мерењето на хоризонталните агли може да започне откако центарот на поделбата на хоризонталниот лимб ќе се постави така што низ него да поминува вертикалата на точката над која се поставува теодолитот (станица). Постапката на доведување на центарот на поделбата на лимбот во вертикалата на точката, од која се мерат хоризонталните агли, се нарекува *центрирање* на инструментот. За центрирање на инструментот користиме: обичен, крут или оптички висок.

7.11.1. Центрирање со обичен висок

Тука детално ќе биде објаснета постапката на центрирање на теодолитот со помош на обичниот висок.

Стативот со инструментот се поставува приближно над центарот на белегата и на куката од централниот винт се обезува крајот со високот. Притоа, крајот од високот не треба да го врземе во јазол, затоа што во брзо време ќе има многу врзани јазли и нема да биде во состојба за понатамошна употреба, туку треба само да се повлече меѓу двата краја на крајотот и малку да се затегне (сл. 7.61.).



Сл. 7.61. Центрирање со обичен висок.

Потоа, горниот дел од главата на стативот треба да се постави приближно хоризонтално, поместувајќи ги нозете на стативот, кои добро се газат и забиваат во теренот. Кај ваквата постапка се води сметка високот да биде приближно над белегата, така што со поместување на инструментот по главата на стативот може да го доведеме високот над центарот на белегата. На тој начин е завршено грубото центрирање на теодолитот. За точно центрирање на теодолитот најпрвин треба да се доведе либелата на алхидадата (цевчестата) да врвни, а потоа да се провери дали високот е над центарот на белегата. Ако не е, тогаш тоа го постигнуваме со транслаторно поместување на теодолитот по главата на стативот, за да не се расипе приближната вертикална положба на алхидадината оска. Ако алхидадината оска во просторот не е во вертикална положба, тогаш високот, алхидадината оска и центарот на поделбата на лимбот нема да лежат во иста вертикала (сл. 7.61b.). Инструментот е добро центриран ако либелата на алхидадата врвни во секоја положба на инструментот и ако високот стои над центарот на белегата (набљудуван од сите положби).

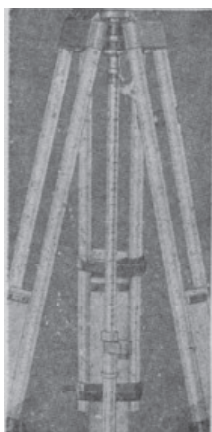
7.11.2. Центрирање со крут висок

Крутиот висок (сл. 7.62.) е составен од три дела:

- горниот дел на крутиот висок се вовлекува и се прицврстува во шупливиот дел на централниот винт;
- горната тенка цевка на крутиот висок, на која постои сантиметарска поделба, се вовлекува во широката цевка; на горниот прстен од широката цевка се чита висината на инструментот, од горната површина на белегата до обртната оска на дурбинот или, пак, до горната површина на главата на стативот (треба да се провери);
- долната широка цевка, во која се вовлекува горната потесна цевка, ја носи центричната либела, која служи за поставување на крутиот висок во вертикална положба; крајот на долната цевка, која е со заострен крај, се поставува во центарот на белегата.

За да може крутиот висок да се користи за центрирање на теодолитот, треба да биде исполнет следниот услов: оската на центричната либела да биде паралелна со оската на либелата. Испитувањето и ректификацијата се вршат на следниов начин:

Го поставуваме врвот на крутиот висок во центарот на белегата и со поместување на теодолитот по главата на стативот или менување на должината на ногалките на стативот, го доведуваме меурот на либелата да врвни. Потоа крутиот висок се завртува за 180° . Отстапувањето кое се појавува настанува од две причини: Половината од отстапувањето настанува поради невертикалноста на крутиот висок, а другата половина поради непаралелноста на оската на либелата и оската на крутиот висок. Ректификацијата се изведува така што половината од отстапувањето го поправаме со помош на корекционите винтови на либелата, а другата половина со поместување на инструментот по главата на стативот. Постапката на испитувањето, ако е потребно, се повторува додека меурот, кој еднаш е доведен да врвни, не се доведе да врвни во сите положби на крутиот висок.



Сл. 7.62. Крути висок.

Постапката на центрирање е следна:

1. Стативот го поставуваме над центарот на белегата и откако главата на стативот приближно ќе ја хоризонтираме, врвот на крутиот висок се поставува на самиот центар на белегата. Притоа, централниот винт треба да биде приближно во центарот на кружниот отвор на главата од стативот.

2. Со поместување на ногалките на стативот или со менување на нивната должина (ако е можно тоа), приближно го местиме меурот на либелата да врвни.

3. Се отпушта централниот винт и со помош на положбените винтови се мести меурот на либелата на алхидадата да врвни.

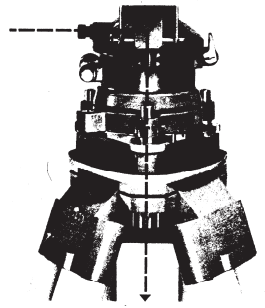
4. Со трансляторно поместување по главата на стативот, меурот на либелата на крутиот висок, се мести да врвни.

5. Со затегнување на централниот винт, со помош на положбените винтови се поправува настанатото отстапување на меурот на цевчестата либела на алхидадата.

Точноста на центрирањето на инструментот со помош на крут висок изнесува 2 – 3 mm.

7.11.3. Центрирање со оптички висок

Оптичкиот висок (сл. 7.63.) се користи за прецизно центрирање на теодолитот. Сите теодолити кои служат за прецизно мерење на агли во себе имаат вградено оптички висок. Оптичкиот висок е составен дел на инструментот или, пак, се изработува како посебен дел. Оптичкиот висок се состои од мал дурбин со зголемување 3–4 пати, кој на средина е „прекршен“ под прав агол. Низ окуларот на оптичкиот висок се набљудува центарот на точката, а за точно центрирање на инструментот, кончаницата на оптичкиот висок содржи крст или крукче. Оптичкиот висок може да биде вграден во алхидадата на теодолитот или во неговиот долен дел. Ако оптичкиот висок е вграден во алхидадата, тој се врти заедно со алхидадата, а ако е вграден во долниот дел на теодолитот, тогаш тој не се поместува за време на мерењето на аглите. Дел од визурата на оптичкиот висок OA (сл. 7.63.) се поклопува со правецот на алхидадината оска. Според тоа, кога алхидадината оска е вертикална, ќе биде вертикален и делот од визурата на оптичкиот висок OA , тоа значи дека со помош на оптичкиот висок може да се центрира само кога врвни меурот на либелата на алхидадата (цевчестата либела).

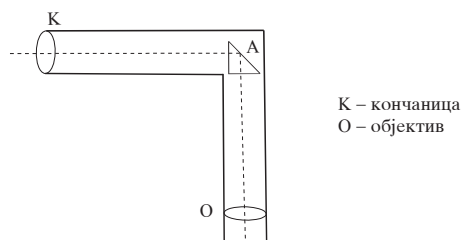


Сл. 7.63. Оптички висок.

Оптичкиот висок треба да го исполнува следниот услов: делот од визурата на оптичкиот висок OA да се поклопува со алхидадината оска. Кај теодолитите со оптички висок, кој е вграден во алхидадата, овој услов се испитува на следниот начин.

Меурот на либелата на алхидадата се мести да врвни и низ видното поле на оптичкиот висок се забележува една јасно видлива точка која лежи во пресекот на конците. Потоа, алхидадата се ротира за 180° и повторно се гледа низ оптичкиот висок. Ако пресекот на конците е на воочената точка, условот е задоволен, а ако има отстапување, треба да се врши ректификација. За да се изврши ректификација треба да се помести прстенот на кончаницата на оптичкиот висок, додека пресекот на конците не се доведат на средината од отстапувањето.

Некои фирми за инструменти, оптичкиот висок го вградуваат во долниот дел на теодолитот, каде што се наоѓаат положбените винтови (сл. 7.64.). Кога се ротира алхидадата, оптичкиот висок не се помрдува, па не може да се испита на претходно опишаниот начин.



Сл. 7.64. Визура кај оптичкиот висок.

Постапката на центрирање на теодолитот со помош на оптички висок зависи од тоа дали ногалките на стативот се со непроменлива или со променлива должина.

Кога ногалките се со непроменлива должина, центрирањето на инструментот со оптички висок се врши откако ќе се изврши приближно центрирање на инструментот со обичен висок.

По приближното центрирање на теодолитот, делувајќи на положбените винтови, го доведуваме меурот на либелата да врвни. Потоа, набљудувајќи низ оптичкиот висок, инструментот го поместуваме трансляторно по главата на стативот сè додека со оптичкиот висок не се навизира центарот на точката. При поместувањето може да се случи меурот на либелата на алхидадата да отстапи. Затоа е потребно да се доведе меурот на либелата да врвни и да се поправа центрирањето сè додека визурата на оптичкиот висок не биде во положба да поминува низ центарот на точката, а притоа меурот на либелата на алхидадата да врвни. Наизменичното подесување на меурот на либелата да врвни и центрирање е потребно, затоа што визурата на оптичкиот висок се поклопува со алхидадината оска. Па ако меурот на либелата не врвни, алхидадината оска не е вертикална, а со тоа и визурата на оптичкиот висок, исто така, не е вертикална.

Кога должината на ногалките на стативот е променлива и кога на алхидадата постои централна либела, теодолитот може да го центрираме без обичен висок. Во тој случај, постапката на центрирање е следна:

1. Стативот со теодолитот се поставува приближно над центарот на точката.

2. Со поместување на ногалките на стативот ја местиме визурата на оптичкиот висок да падне на центарот од точката. Притоа, за точно дотерување на визурата на оптичкиот висок во центарот на точката можат да се користат и положбените винтови.

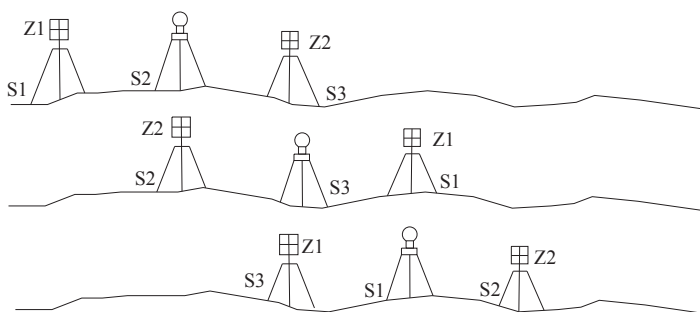
3. Со менување на должината на ногалките на стативот го доведуваме меурот на централната либела на алхидадата да врвни, а притоа, не се употребуваат положбените винтови. Во овој случај, визурата на оптичкиот висок ќе стои вертикално и ќе го погодува центарот на точката. По ова останува уште да се

доведе меурот на цевчестата либела (која е поосетлива) да врвни и со помош на незначајно поместување на теодолитот по главата на стативот, да се изврши точно центрирање.

Грешката на центрирање на теодолитот со помош на оптички висок изнесува 1 mm.

Кога точките се во низа (сл. 7.65.), над нив со помош на оптички или крут висок се центрираат стативите со специјални носачи, во кои може да се постави инструмент и визурна маркица*. Додека се одвиваат мерењата, стативите стојат центрирани над точките, а на нив, по потреба, се поставува инструмент или визурна маркица.

Кога мерењата од една точка (станица) ќе завршат, инструментот без долниот дел (долниот дел останува на стативот) се пренесува на друга точка, на местото каде што пред тоа била маркицата, а на негово место се поставува маркица. Со тоа, грешките на центрирање на инструментот и маркиците практично се сведени на нула. Присилното центрирање обезбедува најголема можна точност на центрирање. Ваквиот начин на центрирање се применува кај работи за кои се бара најголема можна точност при мерењето на аглите и должините.



Сл. 7.65. Процес на присилно центрирање.

* Сигнал кој се визира (сл. 4.7.).

8. МЕРЕЊЕ НА ХОРИЗОНТАЛНИ АГЛИ

При мерењето на хоризонтални агли постојат повеќе постапки на работа, односно различни методи на мерење на хоризонтални агли. Тие се разликуваат по точноста и по економичноста. Затоа мора да се води сметка при изборот на методата на мерењето на агли, односно мора да се води сметка за целесходноста на нивната примена во решавањето на одредени задачи од областа на геодезијата. Повеќе параметри влијаат на целесходноста на методата на мерењето на агли (точност, начин на стабилизација, надворешни метеоролошки услови и објективни околности кои се присутни при мерењето на аглите). Тука ќе бидат обработени само две методи на мерење на агли: проста и гирусна.

Пред да поминеме на проучување на овие методи потребно е да се запознаеме со некои детали и со воспоставената терминологија:

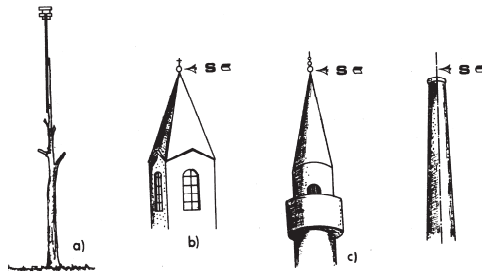
- точката над која се центрира теодолитот се нарекува *станица*;

- точката над која се поставува сигналот, а потоа се врши визирање се нарекува *визурна точка*.

Од една станица визирањето се врши најмалку на две соседни точки. Визурните точки можат да се сигнализираат на различни начини и со различни видови на сигнали. Кој дел од сигналот ќе се визира зависи од видот на сигналот. Ако визурните точки се сигнализираат со вертикална значка, летва или некој друг сигнал, кој директно се поставува на центарот на точката, се визира средината на сигналот и тоа што е можно пониско. Кога како сигнал користиме визурна маркица се визира средината на маркицата. Кај пирамидите, кои се поставени над центарот на точките, се визира столбот кој е направен посебно за тоа. Местата на визирање на разни објекти кои служат како визурни точки можат да се видат на сл. 8.1. Кога кај некои блиски и големи објекти е тешко да се утврди осовината на објектот се визира неговиот лев и десен раб.

Аглите се мерат со помош на теодолит кој претходно е испитан и ректифициран. Непосредно пред почетокот на мере-

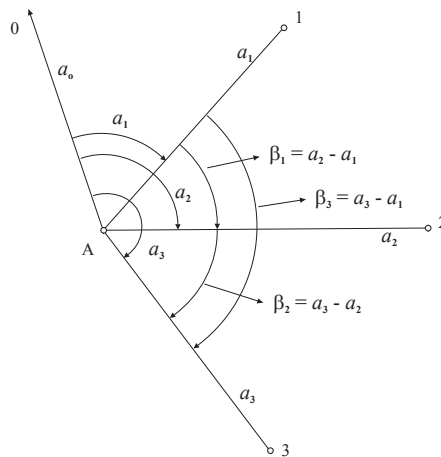
њето на аглие треба да се центрира инструментот и да се сигнализираат визурните точки.



Сл. 8.1. Местиа на визирање на разни објектии.

8.1. ПРОСТА МЕТОДА

Мерењето на аглие само во првата положба на дурбинот се нарекува *проста метода* на мерење на агли. Всушност, по оваа метода се мерат правци, а аглие се добиваат како разлика на вредностите на соодветните правци. Секогаш од вредноста на десниот насока се одзема вредноста на левиот насока (сл. 8.2.). Вредностите на мерените правци се означени со α_i , а вредностите на аглие со β_i .



Сл. 8.2. Мерење на агли.

Бидејќи теодолитот е центриран и алхидадината оска е поставена во вертикална положба, се визира сигналот на точката која е избрана како почетна точка, таканаречена почетна визура. При финото визирање се води сметка последното движење на микрометарскиот винт да биде во насока на движењето на стрелките на часовникот (глава 7.7.). По извршеното finely визирање, се чита вредноста на поделбата на лимбот и се запишува. Вредноста ја запишуваме во соодветен записник. Потоа, на ист начин се визираат останатите точки, одејќи во насоката на движењето на стрелките на часовникот. На крајот, повторно ја визираме почетната точка. Ваквото визирање на почетната точка го нарекуваме завршна визура, а тоа го правиме за да може да утврдиме дали лимбот за време на мерењата бил неподвижен, односно дали инструментот бил стабилен. Вредностите на читањата на поделбата на лимбот при визирањето на почетната и завршната визурна точка не смее да се разликува повеќе од дозволеното.

Посебно треба да се нагласи дека мерењето на правците во едена положба на дурбинот се оптоварени со некои грешки кои настануваат заради инструментот, а кои не се присутни кога мерењето на правците се одвива во двете положби на дурбинот, како што е случајот кај *гирусната метода*. Затоа оваа метода во практика се користи кај поларната метода на снимање на детаљот.

8.2. ГИРУСНА МЕТОДА

Мерењето на агли во двете положби на дурбинот се нарекува гирусна метода. И тука, како кај простата метода, се мерат правците, а агли се добиваат како разлики на вредностите на соодветните правци. Пред почетокот на мерењата, бидејќи визурните точки се сигнализирани и теодолитот е центриран, мора да се избере точка за почетна визура, а потоа во теренскиот записник, тригонометриски образец 1 (прилог 2), се запишуваат броевите и ознаките на точките, како и останатите податоци (датум, време, инструмент и др.). За почетна визура се бира точката која за цело време, додека се

одвиваат мерењата на правците, ќе биде јасно видлива, односно точката која е на спротивната страна од Сонцето и која е најоддалечена од станицата.

Мерењето на правците започнува со визирање на почетната точка во првата положба на дурбинот. Бидејќи сигналот на почетната точка е навизиран, се чита поделбата на лимбот и се запишува резултатот на читањето во записник. Ако поделбата на лимбот се чита на две дијаметрално спротивни страни, тогаш најпрвин ќе се прочита вредноста на левиот крај на лимбот и ќе се запише во записникот, а потоа ќе се прочита десниот крај на лимбот. Овие две вредности треба да се разликуваат за 180° . (Доколку се читаат вредности на пр. десетти делови од минута, а не секунди, треба да се запишат десеттите делови од минутата, односно она што е прочитано, без претворање во секунди.) Потоа, одејќи од почетниот насока во насока на движењето на стрелките на часовникот, мерењата продолжуваат до последниот насока. Притоа се мерат правците кои наидуваат со ред, а читањата се внесуваат во тригонометрискиот записник на опишаниот начин.

Кога од станицата се мерат три или повеќе правци во тригонометриската мрежа, се зема завршната визура. При мерењето на правци во полигонска мрежа не се зема завршна визура без обзир на бројот на правците.

Откако е измерен и последниот насока, ако е потребно се зема завршна визура. За завршна визура на крајот повторно се мери почетниот насока. Читањето на завршната визура се запишува во соодветен ред и тоа во заграда. Ова читање не влегува во понатамошната обработка на податоците од мерењата и служи само за контрола на неподвижноста на лимбот во текот на мерењата на правците. Читањето на завршната визура, како што е порано нагласено, мора да се согласува со почетната визура во границите на дозволеното отстапување.

Со земање на завршната визура, таму каде што е предвидено, односно со мерење на последниот насока, каде не се предвидува земање на завршна визура, мерењето на правците е завршено во првата положба на дурбинот, односно првиот полуцирус е завршен. Потоа дурбинот го завртуваме околу својата обртна оска во втората положба, така што вертикалниот лимб да му се наоѓа од десната страна, и започнува мерењето на

правците во втората положба на дурбинот. Ако е земена завршна визура, најпрвин се мери завршниот насока и податоците од мерењето се запишуваат во заграда, во соодветен ред. Потоа мерењето на правците продолжува одејќи во обратната насока од насоката на движењето на стрелките на часовникот. Кога лимбот се чита на две дијаметрално спротивни места, најпрвин ќе се прочита десниот крај, а потоа левиот крај на поделбата на лимбот.

Податоците од мерењето на правците во првата положба на дурбинот во тригонометрискиот записник се запишуваат одозгора надолу, додека, пак, податоците од мерењата во втората положба на дурбинот се запишуваат одоздола нагоре, како што се запишани ознаките и броевите на визурните точки.

Разликата што во првата положба на дурбинот се мерат правците во насока на движењето на стрелките на часовникот, а во втората положба на дурбинот во спротивна насока, може да се објасни на следниов начин. Познато е дека пред почетокот на мерењето на правците алхидадината оска се доведува во вертикална положба со доведување на меурот на цевчестата либела да врвни. Под влијание на времетраењето, Сонцето, ветерот и движењето на операторот околу теодолитот, доаѓа до слегнување на ногалките на стативот, заради што отстапува меурот на либелата. Отстапувањето на меурот на либелата се зголемува со времетраењето на мерењето, на некој начин е во функција со времето t . Тоа отстапување се зголемува со времето кое одминува од почетокот на мерењето. Од тоа гледиште може, за мерените правци приближно да ги напишеме следните грешки кои настанале заради наведените причини.

| I положба | II положба |
|-------------------------|----------------|
| за 1 насока δ | $2n\delta$ |
| за 2 насока 2δ | $(2n-1)\delta$ |
| · · · · · | · · · · · |
| за n насока $n\delta$ | $(n+1)\delta$ |

Бидејќи како конечни вредности на мерените правци се земаат средните вредности, па секоја средна вредност ќе биде

оптоварена со иста грешка $\left(\frac{2n+1}{2}\right)\delta$. При редуцирањето на правците таа грешка, во најголем дел, ќе се поништи.

Бидејќи е завршено мерењето во еден гирус, се пристапува кон средувањето на записникот:

Доколку поделбата на лимбот се чита на две дијаметрално спротивни места, односно ако во записникот Т.О. 1. се пополнети колоните 3 и 4, најпрвин се пресметува вредноста на двојната колимациска грешка $2c = II - I$ и таа се запишува во колоната 7. Вредностите на двојната колимациска грешка се пресметуваат од две причини: со помош на нив се утврдува квалитетот на извршените мерења и можат да послужат за пресметување на средните вредности на правците мерени во две положби на дурбинот. Промената на вредноста на двојната колимациска грешка се случува како последица од грешките на визирањето и читањето. Во зависност од точноста на читањето на поделбата на лимбот и видот на сигналот, Правилникот ја пропишува најголемата дозволена разлика меѓу најмалата и најголемата вредност на двојната колимациска грешка во еден гирус. Доколку оваа разлика е поголема од дозволената граница, мерењата мора да се повторат.

Кога промената на вредноста на двојната колимациска грешка е во границите на дозволената грешка, се пресметуваат средните вредности на читањата од првата и од втората положба на дурбинот и се запишуваат во колоната 5. Средната вредност може да се пресмета кога колимациската грешка c ќе се одземе од читањето чија вредност е поголема или ќе се додаде на читањето кое е помало. Притоа се задржуваат степените кои се отчитани во првата положба на дурбинот, а средината се одредува само за минутите и секундите.

Контролата на пресметувањето на средните вредности се спроведува со помош на зборовите на вредностите на мерените правци по одделни колони. Контролата ја спроведуваме на следниов начин:

$$([3] + [4]) : 2 = [5]$$

каде средните загради ($[]$) претставуваат зборови на одделните колони и тоа само минути и секунди. За да се покаже дека ваквите контроли се направени, зборовите двојно се подвлекуваат.

Потоа продолжуваме да ги пресметуваме редуцираните средини. При мерењето на правци читањето на почетната визура не се мести на $0^{\circ}00'00''$, туку тоа се постигнува со помош на пресметување. Кога од сите мерени правци на една станица ќе се одземе почетниот насока на таа станица, се добиваат редуцирани правци чија вредност ќе биде помала за вредноста на почетниот насока. По редуцирањето на правците почетниот правец ќе ја има вредноста $0^{\circ}00'00''$. Со редуцирањето на правците секогаш се постигнува почетниот насока да ја има вредноста $0^{\circ}00'00''$, а останатите правци се смалуваат за вредноста на почетниот насока. Со редукцијата на правците не се менува вредноста на аглите. Аглите имаат исти вредности без разлика на тоа дали се добиваат од редуцирани или, пак, од нередуцирани правци.

Контролата на редуцираните правци, исто така, се спроведува со помош на зборови. Вредностите на редуцираните правци се добиваат како:

$$(a_0) = a_0 - a_0$$

$$(a_1) = a_1 - a_0$$

$$(a_2) = a_2 - a_0$$

.....

$$(a_n) = a_n - a_0$$

или по собирањето

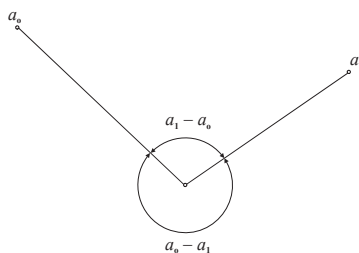
$$[(a)] = [a] - na_0$$

односно:

$$[10] = [9] - na_0$$

$$[9] = [10] + na_0.$$

Ако од станицата се мерени само два правца, редукцијата се врши и на двата правци. На тој начин се добиваат два агла, чиј збир за контрола мора да изнесува 360° (сл. 8.3.).



Сл. 8.3. Редуција на \bar{y} равци.

Поради обезбедување на поголема точност на мерењата, агли се мерат во два или повеќе гируса. Помеѓу одделни гируси лимбот се поместува за $180^\circ/n$ (n е број на гируси). Со поместувањето на лимбот се избегнуваат сугестивните грешки (кои би настанале ако лимбот не се поместува помеѓу гирусите) и се смалува влијанието на грешките на поделбата на лимбот.

Вредностите на редуцираните правци во одделни гируси треба да се согласуваат во границите на точноста, која однапред се одредува (априорна анализа). Заради грешките кои се прават при мерењето, вредностите на правците меѓусебно нема да се согласуваат. Со правилникот е пропишано разликата меѓу редуцираните правци во одделни гируси да не смее да ја помине дозволената граница. Границата на дозволените отстапувања е одредена во зависност од видот на работите, точноста на читањето на поделбата на лимбот и видот на сигналот кои се користени при мерењето на аглите.

Објаснување: Правилникот за државен премер и катастар на земјиштето го пропишува начинот за запишување на податоците, пресметувањата и контролите кои се прават во тригонометрискиот образец број 1. Ова мора доследно да се почитува. Унифицираниот начин на презентирање на податоците овозможува нивно ефикасно користење. Тогаш геодетските стручни лица можат без никакви проблеми да користат чии било податоци од мерења на аглите.

Со гирусната метода на мерење на аглите се отстранува голема група на грешки, посебно грешки кои настануваат заради недоволната ректификација на теодолитот и несовршената изработка на одделни делови.

8.3. ГРЕШКИ ПРИ МЕРЕЊАТА

8.3.1. Грешки на работните услови

Под грешки на работните (надворешните) услови се подразбира цела група на грешки кои произлегуваат од реалните услови во кои се вршат мерењата на агли. Сите мерења се изведуваат на физичката површина на Земјата која е опкружена со атмосферата чии оптички особини се во постојана промена. Затоа визурата (зракот) нема да се движи праволиниски од инструментот до сигналот, туку ќе се движи по една просторна крива, рефракциона крива линија. Нејзината вертикална компонента има влијание на мерењата на вертикалните агли, додека хоризонталната компонента има влијание на мерењата на хоризонталните агли и се нарекува *рефракција*.

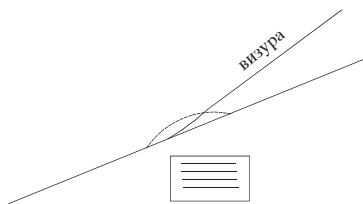
Никогаш не сме во можност да собереме доволно податоци кои објективно ќе карактеризираат делот од атмосферата низ кој поминува визурата. Затоа траекторијата на рефракционата крива не може аналитички да ја дефинираме и да го знаеме нејзиното негативно влијание, кое во значајна мерка ја намалува точноста на мерењето на агли. Однесувањето на рефракционата крива во текот на денот се менува и зависи од метеоролошките услови. Со поволен избор на времето за мерење на агли нејзиното влијание може да се намали, но никогаш не може апсолутно да се отстрани од резултатите на мерењето. Приземните слоеви на атмосферата се во постојано колебање (промени). Со тоа се менува оптичкото својство на атмосферата, односно влијанието на рефракцијата не е постојано во текот на денот, туку постојано се менува. Таквите промени особено се големи при нагла промена на температурата, притисокот и влажноста на воздухот.

Периодот на мирните ликови (поволни за мерења) во сончевите, спарните и летните денови, е многу краток. Тогаш агли се мерат до 10 часот претпладне и по 16 часот попладне, а ако не се бара поголема точност, мерењата можат да се одвиваат и цел ден. Најдобри резултати на мерење на агли се постигнуваат при изгревањето на сонцето, односно половина

час по излегувањето и по заоѓањето на сонцето. По облачно време мерењата можат да се одвиваат цел ден.

Временскиот период кој во текот на денот може да се користи за мерење на хоризонтални агли, најмногу зависи од метеоролошките услови, конфигурацијата на теренот и вегетацијата.

Периодот на мирните ликови е најдолг во ридските терени каде што вегетацијата не е густа. Штетно влијание на страничната рефракција особено доаѓа до израз кога визурата поминува над загреаните вештачки изградени објекти, непосредно над водени површини (езера, бари и сл.) и шумски подрачја, а особено низ шума и други растенија (сл. 8.4.).



Сл. 8.4. Рефракција.

8.3.2. Лични грешки на операторот

Многу е значајно искуството на операторот (особено кога читањата се вршат со помош на коинцидирање) во намалувањето на грешките на читањето и визирањето, а со самото тоа и зголемувањето на точноста на мерењето на агли. Операторот со поголемо искуство и со поголема стручност има поголемо чувство за точност, па со поголемо внимание се однесува кон грешките кои можат да се појават во процесот на мерењата. Но, и покрај најголемото внимание, одделни грешки остануваат скриени и не сме во можност да влијаеме на нив.

Физиолошките својства на очите, исто така, доаѓаат до израз кај високопрецизните мерења на агли. Осетливоста на сетилото за вид, расположението и концентрацијата на операторот, влијаат врз точноста на резултатите на мерењата. Тоа индивидуално влијание на операторот на вредноста на мерените агли се нарекува лична грешка на операторот. Таа има случ-

аен и систематски карактер, т.е. операторот А секогаш добива поголеми или помали вредности од операторот В. Искуството на операторот и својството на неговиот вид се од посебна важност при мерењето на аглиите. Дobar оператор ќе мери само тогаш кога е уверен дека условите за мерење се добри и дека може да ја задоволи однапред дефинираната точност. Во спротивно, ќе се откаже од мерењето и ќе продолжи кога ќе бидат поволни условите за мерење.

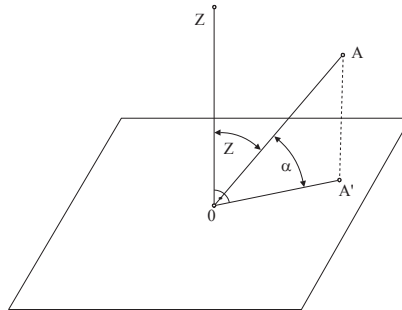
9. МЕРЕЊЕ НА ВЕРТИКАЛНИ АГЛИ

9.1. ВЕРТИКАЛЕН АГОЛ И ЗЕНИТСКО РАСТОЈАНИЕ

Правецот на вертикалата, како што е веќе кажано, може да се материјализира со помош на конец на кој е обесен висок. Правецот на конечот на идеално мирен висок ја продира небесната сфера* над хоризонталната рамнина во точката која ја нарекуваме *зениц*. Точката на продорот на вертикалата низ небесната сфера, под хоризонтот, се нарекува *надир*. Рамнината која е нормална на правецот на вертикалата се нарекува *хоризонтална рамнина (хоризонт)*. Пресеците на вертикалните рамнини со хоризонталните рамнини даваат хоризонтални прави. Правите кои не лежат во хоризонталните рамнини не се хоризонтални, туку со неа зафаќаат некој агол. Аголот меѓу некоја права и хоризонталната рамнина се нарекува *вертикален агол (α)*. Вертикалниот агол се мери во вертикална рамнина која ја содржи таа права. Вертикалните агли (ќе се види подоцна) се мерат со помош на теодолит кој има вертикален лимб. Вертикалниот агол е агол кој го зафаќа правецот на визурата со хоризонталната рамнина. Ако станицата и визурната точка се во иста хоризонтална рамнина, т.е. на иста висина, вредноста на вертикалниот агол е нула. Ако визурната точка е над хоризонтот на станицата, вертикалниот агол е позитивен и може да ги има вредностите од 0° до 90° , а во случај да визурната точка е под хоризонтот на станицата, вертикалниот агол има негативен знак, а може да ги има вредностите од -90° до 0° . Позитивните (висински) вертикални агли уште ги нарекуваме и елевациони агли, додека негативните агли ги нарекуваме и депресивни агли.

* Небесната сфера е сфера со бесконечен радиус. Центарот на сферата се поклопува со окото на набљудувачот. Хоризонт е круг на пресекот на хоризонталната рамнина, која поминува низ окото на набљудувачот, со небесната сфера.

Покрај вертикалните агли се користи и вредноста зенитно растојание Z . Зенитното растојание е вредноста на аголот кој се добива со ротација на правецот на вертикалата во насоката на движењето на стрелките на часовникот додека не се поклопи со зададениот насока. Зенитното растојание може да ги има вредностите од 0° до 180° . Зенитното растојание на хоризонтот изнесува 90° , додека, пак, за точките кои се наоѓаат под хоризонтот на станицата зенитните растојанија се поголеми од 90° . На сл. 9.1. се гледа дека секогаш е задоволен условот:



Сл. 9.1. Зенитно растојание и вертикален агол.

$$\alpha + Z = 90^\circ .$$

Пример 9.1: Да се одреди зенитното растојание Z ако се дадени вертикалните агли:

$$\alpha_1 = +18^\circ 26' 30'' \quad \text{и} \quad \alpha_2 = -17^\circ 43' 18'' .$$

Решение:

$$Z_1 = 90 - \alpha_1 = 71^\circ 33' 30''$$

$$Z_2 = 90 - \alpha_2 = 107^\circ 43' 18'' .$$

Пример 9.2: Да се одредат вертикалните агли ако се дадени зенитните растојанија Z :

$$Z_1 = 82^\circ 40' 25'' \quad \text{и} \quad Z_2 = 96^\circ 11' 42'' .$$

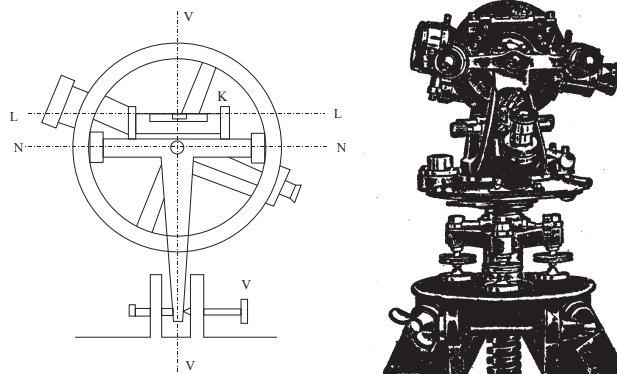
Решение:

$$\alpha_1 = 90 - Z_1 = +7^\circ 19' 35''$$

$$\alpha_2 = 90 - Z_2 = -6^\circ 11' 42'' .$$

9.2. ИНСТРУМЕНТИ ЗА МЕРЕЊЕ НА ВЕРТИКАЛНИ АГЛИ (ЗЕНИТНИ РАСТОЈАНИЈА)

Теодолитите кои се наменети за мерење на вертикални агли, односно зенитни растојанија мора да имаат вертикален лимб. Кај сите теодолити вертикалниот лимб*, заедно со дурбинот, е цврсто врзан за обртната оска на дурбинот, па заедно ротираат околу обртната оска на дурбинот. Обртната оска и кружниот отвор на вертикалниот лимб, низ кој поминува обртната оска, мора да бидат изработени така што центарот на поделбата на лимбот да се наоѓа точно во обртната оска на дурбинот. Ако центарот на поделбата не се поклопува со обртната оска, се вели дека постои ексцентричност на вертикалниот лимб. Отстранувањето на влијанието на ексцентрицитетот на вертикалниот лимб на резултатите на читањата на неговата поделба се постигнува, како и кај хоризонталниот лимб, со читање на поделбата на две дијаметрално спротивни места и земање на средната вредност од читањата.



Сл. 9.2. Либела на вертикалној лимб.

Во спротивност од хоризонталниот лимб, кој при мерењата мора да биде неподвижен, вертикалниот лимб се движи, но затоа кај вертикалниот лимб индексите за читање на поделбата мора да бидат неподвижни. Фиксираноста на индексите за чи-

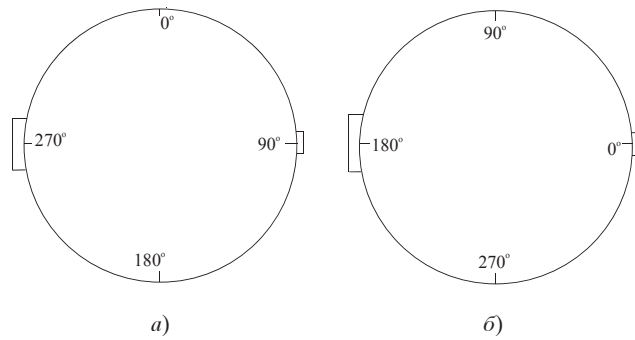
* Наместо називот вертикален лимб често се користи вертикален круг или, пак, само круг.

тање на поделбата на лимбот, односно одржување на индексите за читање секогаш на исто место, се постигнува со помош на цевчеста либела која е поставена на носачот на индексите (сл. 9.2.). За да се намести меурот на оваа либела да врвни се користи соодветен микрометарски винт. При читањето на поделбата на вертикалниот лимб, заради наведените причини, мора задолжително да го наместиме меурот на либелата да врвни.

Кај теодолитите со нова конструкција, вертикалниот лимб е заштитен од надворешни оштетувања со алхидада на вертикалниот лимб која ги носи индексите за читање на поделбата на вертикалниот лимб и либелата за одржување на индексот на исто место. Јасно е дека точноста на одржување на индексот зависи од осетливоста на либелата, па според тоа и точноста на мерењето на вертикалните агли зависи од осетливоста на либелата на вертикалниот лимб.

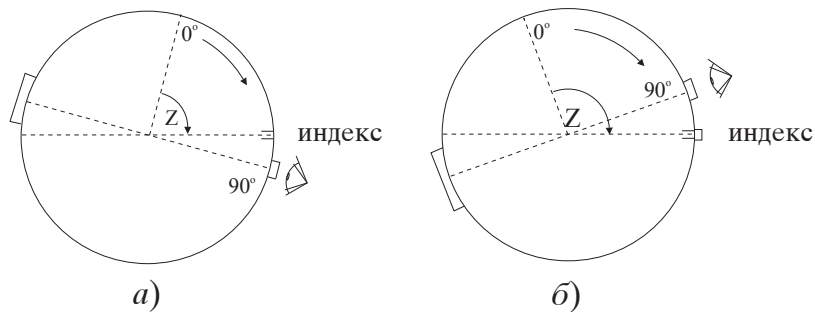
Некои нови конструкции на теодолити наместо либели на алхидадата на вертикалниот лимб, имаат компензациски уред, *компензатор* кој сам автоматски го одржува индексот за читање на поделбата на вертикалниот лимб во иста положба. Компензаторот може да дејствува само ако алхидадината оска е доведена во приближно вертикална положба. Точноста на доведување на алхидадината оска во вертикална положба, кога компензаторот дејствува, изнесува неколку минути (3' – 5') и се нарекува подрачје на компензацијата.

Вертикалниот лимб се изработува од истите материјали и со истата постапка како и хоризонталните лимбови, но со малку помал дијаметар од хоризонталните. Меѓутоа, кај вертикалниот лимб поделбата не е секогаш во иста насока. Поделбата на лимбот може да биде изведена во насока на движењето на стрелките на часовникот, кога со него се мерат зенитни растојанија (сл. 9.3а.) или, пак, во спротивна насока од насоката на движењето на стрелките на часовникот кога се мерат вертикални агли (сл. 9.3б.).



Сл. 9.3. Поделба на вертикалниот лимб.

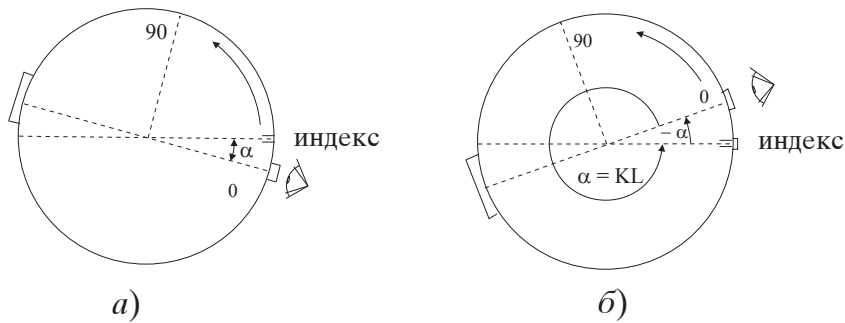
Во првиот случај (сл. 9.4а.), кога визурата е хоризонтална, на вертикалниот лимб се чита 90° , ако дурбинот се подигне над хоризонтот на неподжниот индекс наидуваат читањата (89° , 88° , ...) од 90° кон 0° (сл. 9.4а.), додека, пак, со спуштање на дурбинот под хоризонтот (сл. 9.4б.) на индексот за читање наидуваат вредностите на поделбата поголеми од 90° (91° , 92° , ...), односно со тој инструмент се мерат зенитни растојанија.



Сл. 9.4. Положба на индексот за читање на зенитни растојанија.

Во вториот случај (сл. 9.5б.), кога визурата е хоризонтална, на вертикалниот лимб се чита 0° , ако дурбинот се подигне над хоризонтот (сл. 9.5а.), покрај неподжниот индекс за читање наидуваат вредностите (1° , 2° , ...) од 0° до 90° . Кога, пак, дурбинот ќе го спуштиме под хоризонтот (сл. 9.5б), кога вертикалните агли се негативни, покрај индексот за читање на поделбата наидуваат на вредностите (359° , 358° , ...) помалку од 360° . Вредностите на негативните вертикални агли ќе ги добиеме со дополнување до 360° , меѓутоа наместо негативните вред-

ности на аглите, можат да се користат непосредно отчитаните вредности на вертикалниот лимб.

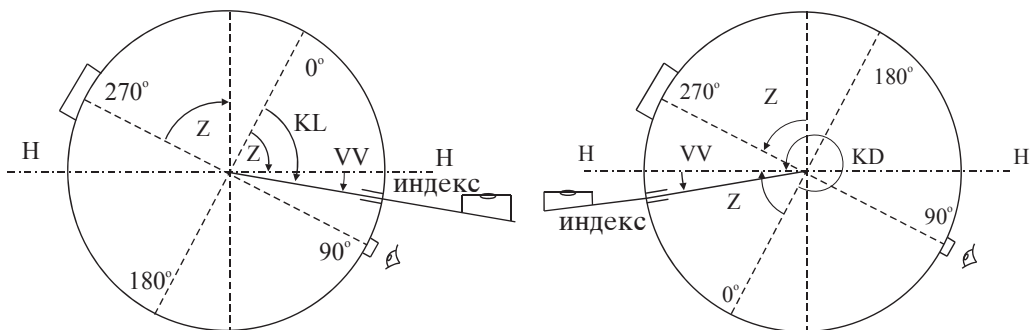


Сл. 9.5. Положба на индексот за читање на вертикални агли.

Извршените читања истовремено ќе бидат зенитни растојанија, односно вертикални агли само во случај кога при хоризонтална визура читањата на вертикалниот лимб изнесуваат 90° , односно 0° . Кога дурбинот е во прва положба, вертикалниот лимб се наоѓа од неговата лева страна, па ваквото читање се нарекува круг лево и се обележува со KL , за разлика од читањата при круг десно, кога вертикалниот лимб е од десната страна на дурбинот, кое се обележува со KD .

Прва положба на дурбинот:
вертикалниот лимб е
од левата страна (KL).

Втора положба на дурбинот:
вертикалниот лимб е
од десната страна (KD).



Сл. 9.6. Вертикален лимб за мерење на зенитни растојанија.

Кај теодолитите кои на надворешниот дел од алхидадата на вертикалниот лимб имаат два микроскопи, или две лупи, во првата положба на дурбинот најпрвин се чита микроскопот кој е поблизок до окуларот, како прв микроскоп, а потоа поблиску оној до објективот, како втор микроскоп. Во втората положба на дурбинот најпрвин се чита микроскопот кој е поблиску до објективот, а потоа микроскопот кој е поблиску до окуларот.

Потребно е да се види што се постигнува кога вертикалните агли се мерат во две положби на дурбинот. Објаснувањата се илустрирани со цртежи на кои ќе биде прикажан само еден индекс на поделбата на лимбот, затоа што на другиот индекс читањата се вршат заради отстранување на влијанието на ексцентричноста на вертикалниот лимб. Ќе претпоставиме дека при хоризонтална визура читањата не се 90° , односно 0° .

а) Вертикалниот лимб е поделен во правецот на движењето на стрелките на часовникот, со чија помош се вршат мерења на зенитните растојанија.

Со *IV* е означено читањето кое би се добило на вертикалниот лимб ако дурбинот би го впериле кон правецот на зенитот, односно ако визурата би била вертикална. На сликите е прикажан лимб кој се наоѓа во првата положба. Нека е, како на сл. 9.б., индексот за читање на поделбата под хоризонтот на центарот на поделбата на лимбот. Ако алхидадината оска е вертикална, тогаш правата која ги поврзува индексот за читање и поделбата на лимбот, при ротација на алхидадата, ќе опишува конус.

Дурбинот е вперен кон предметот, меурот на либелата на алхидадата е наместен да врвни, кај индексот *I*, кој е поблизок до окуларот, се врши читање при круг лево:

$$KL = Z + IV.$$

Потоа дурбинот го вртиме во втора положба и повторно се навизира истата точка. Индексот за читање на поделбата ќе биде поблизок до објективната леќа. Заради вртењето на дурбинот во втора положба и вртењето на алхидадата за 180° , вертикалниот лимб доаѓа од десната страна, а поделбата на лимбот изгледа како на сл. 9.бв. Читањето на круг десно, според сл. 9.бв. ќе биде:

$$KD = 360^\circ - (Z - VV) = 360^\circ - Z + VV.$$

Кога ќе се соберат последниве две равенки, ќе се добие следнава равенка:

$$KL + KD = 360^\circ + 2VV,$$

и добиваме:

$$VV = \frac{KL + KD - 360^\circ}{2}$$

што претставува читање на поделбата на лимбот кое одговара при хоризонтална визура.

Доколку, пак, ги одземеме истите равенки, ќе добиеме:

$$KL - KD = Z - 360^\circ + Z = 2Z - 360^\circ$$

$$Z = \frac{KL + 360^\circ - KD}{2}$$

односно можност да се пресмета поправеното читање на зенитното растојание, без разлика на тоа што во хоризонтот не се чита 90° , односно $VV \neq 0$.

Пример 9.3: Да се пресмета читањето кое одговара на положбата на вертикалната визура и зенитното растојание ако читањата изнесуваат:

a) $KL = 86^\circ 26' 30''$, $KD = 273^\circ 35' 00''$

Решение:

$$KL + KD = 360^\circ 01' 30'' = 2VV + 360^\circ$$

$$2VV = 0^\circ 01' 30''$$

$$VV = 0^\circ 00' 45''$$

$$2Z = KL + 360^\circ - KD = 172^\circ 51' 30''$$

$$Z = 86^\circ 25' 45''.$$

b) $KL = 93^\circ 11' 40''$, $KD = 266^\circ 48' 00''$

Решение:

$$KL + KD = 359^\circ 59' 40'' = 2VV + 360^\circ$$

$$2VV = 0^\circ 00' 20''$$

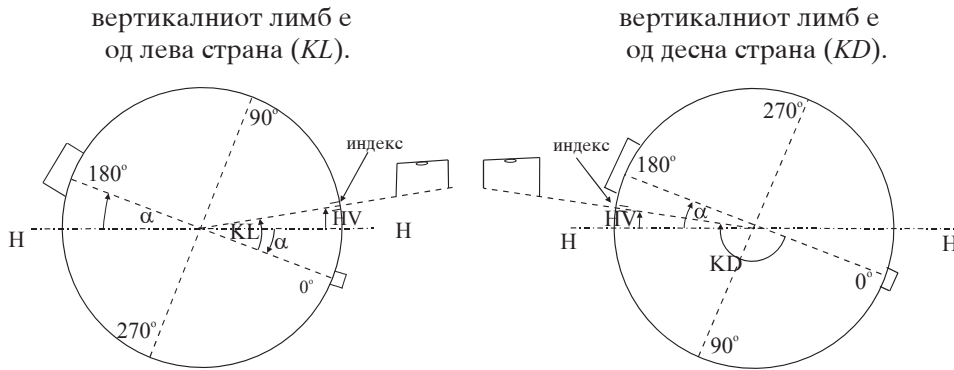
$$VV = 0^\circ 00' 10''$$

$$2Z = KL + 360^\circ - KD = 188^\circ 23' 40''$$

$$Z = 93^\circ 11' 50''.$$

Прва положба на дурбинот:

Втора положба на дурбинот:



Сл. 9.7. Вертикален лимб за мерење на вертикални агли.

б) Вертикален лимб, чија поделба е во спротивна насока од насоката на движењето на стрелките на часовникот, со кој се мерат вертикални агли (сл. 9.7.).

Нека е, како на сл. 9.7., индексот за читање на поделбата на лимбот над хоризонтот на центарот на поделбата на лимбот. Тој ќе остане во истата положба при ротација на алхидадата околу вертикалната алхидадина оска.

Со HV е означено читањето кое би се добило на вертикалниот лимб кога визурата е хоризонтална. Вертикалниот лимб се наоѓа од левата страна на операторот, односно во прва положба, па според сл. 9.7а. ќе биде:

$$KL = \alpha + HV.$$

Потоа дурбинот го ставаме во втора положба и повторно ја визираме истата точка. Индексот за читање на поделбата на лимбот ќе биде поблизок до објективната леќа, но повторно над хоризонтот. Нулата на лимбот ќе биде кај окуларот на дурбинот, но цртичката којашто означува 90° ќе биде под хоризонтот на центарот на поделбата на лимбот (сл. 9.7b.). Читањето на поделбата на лимбот при круг десно ќе биде:

$$KD = 180^\circ - (\alpha - HV) = 180^\circ - \alpha + HV.$$

Кога ќе се соберат последните две равенки ќе добиеме:

$$KL + KD = 180^\circ + 2HV,$$

односно:

$$HV = \frac{KL + KD - 180^\circ}{2},$$

читање на поделбата на вертикалниот лимб, кое одговара на хоризонталната положба на визурата. Доколку равенките ги одземеме ќе добиеме:

$$KL - KD = 180^\circ + 2\alpha$$

или

$$\alpha = \frac{KL - KD + 180^\circ}{2}.$$

Точната вредност на вертикалниот агол ја добиваме од последната равенка, без разлика што при хоризонталната визура читањето не било 0° .

Пример 9.4: Врз основа на читањето на поделбата на вертикалниот лимб, при круг лево и десно, да се пресмета читањето кое одговара на вертикалниот агол α .

а) $KL=6^\circ 26' 10''$, $KD=173^\circ 35' 50''$

Решение:

$$\begin{aligned} KL + KD &= 180^\circ 02' 00'' = 180^\circ + 2HV \\ 2HV &= -0^\circ 02' 00'' & HV &= -0^\circ 01' 00'' \\ 2\alpha &= KL - (KD - 180^\circ) = +12^\circ 50' 20'' & \alpha &= +6^\circ 25' 10''. \end{aligned}$$

б) $KL=354^\circ 20' 40''$, $KD=185^\circ 38' 00''$

Решение:

$$\begin{aligned} KL + KD &= 539^\circ 58' 40'' = 540^\circ + 2HV \\ 2HV &= -0^\circ 01' 20'' & HV &= -0^\circ 00' 40'' = 359^\circ 59' 20'' \\ 2\alpha &= KL - (KD - 180^\circ) = 11^\circ 17' 20'' & \alpha &= +5^\circ 38' 40''. \end{aligned}$$

Наведениот пример покажува дека дадените формули можат да се користат секогаш со следната напомена: ако вертикалниот агол е негативен, наместо негативната вредност на аголот при круг лево се чита неговото дополнување до 360° , односно се чита вредноста на аголот зголемена за 360° . Бидејќи читањето KL е зголемено за 360° , збирот $KL+KD$ ќе биде зголемен за 360° и ќе изнесува приближно 540° .

9.3. УСЛОВИ НА ИНСТРУМЕНТИТЕ СО ЛИБЕЛА

Познато е дека при мерење на вертикалните агли (зенитните растојанија) во двете положби на дурбинот се добиваат исправни вертикални агли без разлика на тоа дали инструментот ги задоволува сите услови или не ги задоволува. Меѓутоа, при мерење на вертикалните агли само во една положба на дурбинот, нема да се добијат точни резултати.

Единствен додатен услов кој треба да го исполни теодолитот, кој е наменет и за мерење на вертикални агли (зенитни растојанија), е при хоризонтална визура читањето на вертикалниот лимб да изнесува 0° (90°). Начинот на испитување на овој услов зависи од видот на теодолитот.

9.3.1. Теодолити со проста цевчеста либела

Овие теодолити мора најнапред да ги задоволат условите како и теодолитите за мерење на хоризонтални агли, па потоа и условите за мерење на вертикални агли. Ќе ги повториме условите кои мора да ги задоволат теодолитите наменети за мерење на хоризонтални агли.

Прв услов: Оската на цевчестата либела да биде нормална на алхидадината оска, односно алхидадината оска да биде вертикална во просторот.

Втор услов: Визурата да биде нормална на обртната оска на дурбинот.

Трет услов: Вертикалната црта на кончаницата да биде навистина вертикална.

Четврти услов: Обртната оска на дурбинот да биде нормална на алхидадината оска.

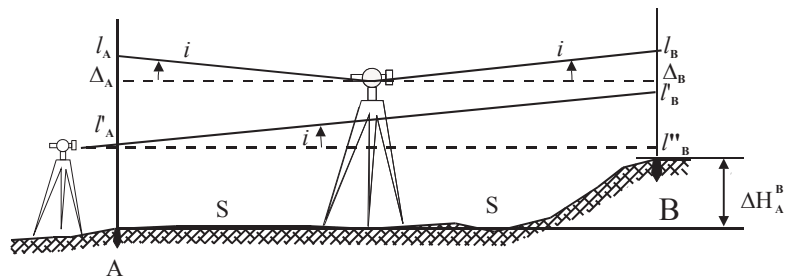
Бидејќи се испитани и ректифицирани наведените услови, се преминува на испитување на условите кои треба да ги испол-

нат теодолитите за мерење на вертикални агли (зенитни растојанија).

Петти услов: Оската на либелата на дурбинот мора да биде паралелна со визурата.

За да се испита ваквиот услов потребно е на рамен терен да се обележат две точки на меѓусебно растојание од 80 до 100 m, а теодолитот да се постави на средината (сл. 9.8.).

Откако алхидадината оска е доведена во вертикална положба, најнапред се визира летвата која е вертикално поставена во точката А, се мести меурот на либелата на дурбинот да врвни и се врши читање на летвата l_A .



Сл. 9.8. Испитување на петтиот услов

Потоа се навизира летвата во точка В, се доведува меурот на либелата да врвни и се прочитува вредноста l_B . Да претпоставиме дека наведениот услов за паралелноста не е исполнет, па кога меурот на либелата на дурбинот врвни, визурата не е хоризонтална, туку со хоризонтот зафаќа агол i . Заради тоа читањето на летвите ќе биде погрешно за следниве вредности:

$$\Delta_A = S \cdot i, \text{ и}$$

$$\Delta_B = S \cdot i.$$

Врз основа на читањата на поделбата на летвите може да се најде висинската разлика меѓу точките А и В:

$$\Delta H_A^B = (l_A - \Delta_A) - (l_B - \Delta_B),$$

$$\Delta H_A^B = (l_A - l_B) - (\Delta_A - \Delta_B).$$

Од наведените формули може да видиме дека грешките на читањата се меѓусебно еднакви:

$$\Delta_A = \Delta_B, \text{ па е } \Delta H_A^B = l_A - l_B,$$

односно висинската разлика ΔH_A^B ќе биде точна без разлика на тоа што визурата не е паралелна со оската на либелата на дурбинот, односно не е хоризонтална.

Потоа инструментот го местиме „од крај“, односно го поставуваме зад една од точките на 3 – 4 m, и од тоа место, кога меурот на либелата на дурбинот врвни, се читаат вредностите на поделбите на летвите во точките А и В (l_A и l_B). Точката А се наоѓа поблиску до инструментот, па грешката на читањето на поделбата на летвата, заради нехоризонталноста на визурата, е занемарливо мала. Меѓутоа, грешката на читањето на поделбата на летвата во точка В ќе биде значајна, па висинската разлика одредена од крај, како погрешна, нема да се совпаѓа со онаа висинска разлика која е одредена од средина, која е точна. Доколку висинските разлики, добиени од средина и од крај меѓусебно се совпаѓаат, тоа би било знак дека условот е задоволен.

За да го ректифицираме инструментот, потребно е:

- читањето на летвата во точката А, добиено од крај, да се усвои за исправно (точно);
- на неговата вредност да се додаде (или одземе) висинската разлика одредена од средина, и тоа би требало да биде читањето на точката В кое одговара на хоризонталната визура;
- поместувајќи го дурбинот со микрометарскиот винт, се мести пресметаното читање на летвата во точката Б, поради што меурот на либелата ќе отстапи;
- со корекциониот винт на либелата на дурбинот да се доведе меурот да врвни.

Пример 9.5: Заради испитување на условите на паралелноста на оската на либелата на дурбинот и визурата, извршено е читање на поделбите на летвите од средина

$$l_A=1,898 \qquad l_B=1,266$$

и од крај

$$l'_A=1,375 \qquad l'_B=1,216.$$

Да се најде читањето на летвата во точка В, кое треба да се намести за визурата да ја заземе хоризонталната положба, а потоа се изврши ректификација на либелата на дурбинот.

Решение:

$$\Delta H_A^B = l_A - l_B = +0,632m$$

$$\Delta H_A'^B = l'_A - l''_B = +0,159m$$

$$l''_B = l'_A - \Delta H_A^B = 1,375 - 0,632 = 0,743.$$

Шести услов: Читањето на вертикалниот круг при хоризонтална визура мора да изнесува 0° или 90° .

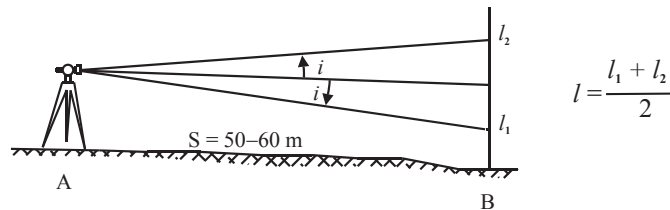
Бидејќи е испитан претходниот услов, со поместување на дурбинот со микрометарскиот винт, се мести меурот на либелата на дурбинот да врвуну. Со тоа визурата е доведена во хоризонтална положба. Со микрометарскиот винт на алхидадата на вертикалниот лимб се поместуваат индексите за читање на поделбата на вертикалниот лимб додека на се намести читањето на вертикалниот лимб да биде 0° или 90° . Потоа со корекциониот винт на либелата на алхидадата на вертикалниот лимб се доведува меурот на либелата да врвуну, со што е извршена ректификацијата.

9.3.2. Теодолити со реверзиона либела

Кога на дурбинот на теодолитот е поставена реверзиона либела, теодолитот мора да ги исполнува потполно истите услови како и теодолитот кој на својот дурбин има проста цевчеста либела. Единствената разлика кај овие два вида на теодолити е во начинот на испитувањето на петтиот услов кој гласи: оската на либелата на дурбинот мора да биде паралелна со визурата.

За да се испита овој услов, потребно е на приближно хоризонтален терен, а на растојание 50 – 60 m, вертикално да се постави летва. Се навизира летвата во онаа положба на дурбинот кога либелата е под дурбинот, се доведува нејзиниот меур да врвуну (со помош на микрометарскиот винт) и се чита по-

делбата на летвата l_1 . Потоа дурбинот се префрла во положба така што либелата да биде од горната страна на дурбинот и со микрометарскиот винт се доведува меурот на либелата да врвни и се чита летвата l_2 (сл. 9.9.).



Сл. 9.9. Испитување на паралелноста на либелата.

Читањата l_1 и l_2 се вршат со средниот конец на кончаницата. Ако читањата на поделбата на летвата l_1 и l_2 не се разликуваат повеќе од 2 до 3 mm, се смета дека условот на паралелноста на либелината оска и визурата е исполнет. Ако, пак, разликата е поголема, мора да се изврши ректификација по следниот редослед:

- се пресметува средната вредност на читањето:

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2};$$

- дурбинот се поместува со микрометарскиот винт додека визурата не се доведе на средната вредност на читањето l , заради што ќе отстапи меурот на либелата на дурбинот;
- настанатото отстапување на меурот на либелата се поништува со корекциониот винт на либелата.

Пример 9.6: Со колкава точност може да се испита условот на паралелноста на реверзионата либелина оска на дурбинот и визурата ако летвата е оддалечена од инструментот 50 m, а промената на читањето на поделбата на летвата изнесува најмногу 1 mm?

Решение:

$$\varepsilon'' = \rho'' \frac{e}{S} = 206265'' \frac{1}{50000} = 4''.$$

9.3.3. Теодолити без либела на дурбинот

Теодолитите кои немаат либела на дурбинот по испитувањето и ректификацијата на условите кои се потребни за мерење на хоризонтални агли, мора да исполнат само уште еден услов кој гласи: читањето на вертикалниот лимб при хоризонтална визура мора да биде 0° или 90° . Со други зборови, вредностите на VV и HV треба да бидат нули. Овој услов ќе биде исполнет кога збирот на читањата ќе биде еднаков на:

$$KL + KD = 360^\circ,$$

кај теодолитите кои се наменети за мерење на зенитни растојанија, односно:

$$KL + KD = 180^\circ,$$

кај теодолитите кои се наменети за мерење на вертикални агли. За да се исполни овој услов потребно е:

- во првата положба на дурбинот, т.е. круг лево да се навизира една добро видлива и стабилна точка со хоризонталната црта на кончаницата, да се изврши контрола и да се доведе меурот на алхидадата на вертикалниот лимб да врвунуи и да се прочита вредноста на поделбата на лимбот KL ;

- да се доведе дурбинот во втора положба (круг десно), да се навизира со хоризонталниот конец истата точка, да се изврши контрола и да се доведе меурот на алхидадата на вертикалниот лимб да врвунуи и да се прочита вредноста на поделбата на лимбот KD ;

- да се соберат читањата $KL + KD$ и да се види дали се задоволува условот $KL + KD = 360^\circ$, односно $KL + KD = 180^\circ$. Разликата на збирите на читањата од 360° или 180° треба да се подели со два, па со тој износ и двете читања или да се зголемат или да се намалат, така што да се добие збирот 360° или 180° . Така поправените вредности се читања кои би се добиле кога условот би бил задоволен;

- за да се ректифицира овој услов, потребно е со соодветниот микрометарски винт малку да се ротира алхидадата на вертикалниот лимб, а со неа и индексот за читање на поделбата додека не се намести пресметаното поправено читање. Притоа меурот на либелата на вертикалниот лимб ќе отстапи.

Отстапувањето на меурот на либелата треба да се поништи со помош на корекциониот винт на либелата, со што ректификацијата е завршена.

Пример 9.7: Заради испитување на условот дека при хоризонтална визура читањето на вертикалниот лимб треба да биде 90° или 0° , извршено е читање на поделбата на вертикалниот лимб KL и KD со четири различни теодолити. За секој од нив да се пресметаат поправените читања KL и KD , а нивниот збир да изнесува 360° или 180° .

$$a) \quad KL = 88^\circ 50' 40'' \qquad KD = 271^\circ 08' 20''$$

Решение:

$$\begin{aligned} KL + KD &= 359^\circ 59' 00'' & 2VV &= 1' 00'' \\ VV &= 0' 30'' \\ KL' &= 88^\circ 51' 10'' & KD' &= 271^\circ 08' 50'' \\ KL' + KD' &= 360^\circ 00' 00''. \end{aligned}$$

$$б) \quad KL = 80^\circ 19' 30'' \qquad KD = 279^\circ 41' 40''$$

Решение:

$$\begin{aligned} KL + KD &= 360^\circ 01' 10'' & 2VV &= -1' 10'' \\ VV &= -0' 35'' \\ KL' &= 80^\circ 18' 55'' & KD' &= 279^\circ 41' 05'' \\ KL' + KD' &= 360^\circ 00' 00''. \end{aligned}$$

$$c) \quad KL = 17^\circ 23',8 \qquad KD = 162^\circ 38',4$$

Решение:

$$\begin{aligned} KL + KD &= 180^\circ 02',2 & 2HV &= -2',2 \\ HV &= -1',1 \\ KL' &= 17^\circ 22',7 & KD' &= 162^\circ 37',3 \\ KL' + KD' &= 180^\circ 00' 00''. \end{aligned}$$

$$d) \quad KL = 347^\circ 19',1 \qquad KD = 192^\circ 40',1$$

Решение:

$$\begin{aligned} KL + KD &= 179^\circ 59',2 + 360^\circ & 2HV &= 0',8 \\ HV &= 0',4 \\ KL' &= 347^\circ 19',5 & KD' &= 192^\circ 40',5 \\ KL' + KD' &= 180^\circ 00' 00''. \end{aligned}$$

Точноста на извршувањето на ректификацијата е ограничена со точноста на визирањето, читањето и осетливоста на либелата. На пример, не може да се постигне ректификација на едносекунден теодолит со точност од неколку секунди ако на него би била намонтирана либела чија осетливост е 20".

Теодолитите кои имаат либела на дурбинот можат да се користат и во нивелманските работи. Осетливоста на либелата на дурбинот, по правило, е поголема од осетливоста на либелата на алхидадата на вертикалниот лимб. Затоа кај таквите теодолити испитувањето и ректификацијата се извршува како што е објаснето тука. Ако осетливоста на либелата на алхидадата на вертикалниот лимб е поголема од осетливоста на либелата на дурбинот, тогаш испитувањето на условите, кои се потребни за мерење на вертикални агли, треба да се вршат по следниов редослед: најпрвин се испитува и задоволува условот читањето на вертикалниот лимб при хоризонтална визура да биде 0° или 90° , со тоа што се визира една точка во двете положби на инструментот, па врз основа на тоа се поставува дурбинот во хоризонтална положба. Ако во таа положба меурот на либелата на дурбинот отстапува, го доведуваме да врвни со помош на корекциониот винт на либелата.

Кога вертикалните агли се мерат во двете положби на дурбинот, не е неопходно во потполност да биде исполнет условот при хоризонтална визура читањето на вертикалниот лимб да биде 0° или 90° , затоа што со помош на пресметување се доаѓа до точни вредности на вертикалните агли. Меѓутоа, при мерење на вертикалните агли во една положба на дурбинот, неисполнувањето на наведените услови со полн износ ќе ги оптовари сите читања на вертикалниот лимб. Затоа овој услов мора добро и совесно да се испита кога вертикалните агли се мерат само во една положба на дурбинот.

Грешката на ексцентричноста на вертикалниот лимб, како и хоризонталниот лимб, се отстранува со читање на поделбата на лимбот на две дијаметрално спротивни места.

На следниов начин може да го утврдиме постоењето на ексцентричноста на вертикалниот лимб.

Во двете положби на дурбинот треба да се прочитаат вредностите на KL и KD за повеќе точки кои се наоѓаат на различна висина (со ова се постигнува наклонот на визурата да биде

различен за секоја точка). Ако за сите точки збирот на читањата $KL + KD$ е приближно ист, значи дека не постои ексцентричност на вертикалниот лимб. Ако тој збир се менува во зависност од вертикалниот агол, по законитоста слична на функцијата синус, тогаш тоа е знак дека постои ексцентричност на вертикалниот лимб. Инструментите со ексцентричност на вертикалниот лимб и со еден индекс за читање на вертикалниот лимб, не се за употреба. Влијанието на ексцентричноста на вертикалниот лимб може да се отстрани и со визирање на точките во двете положби на дурбинот.

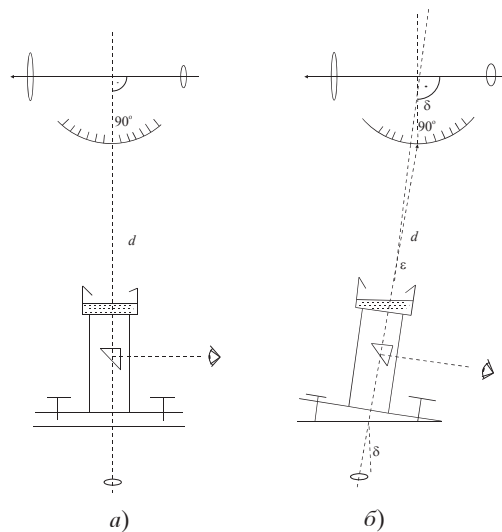
9.4. ТЕОДОЛИТИ СО КОМПЕНЗАТОРИ

Одржувањето на индексот за читање на поделбата на вертикалниот лимб на исто место, при мерењето на вертикалните агли, кај класичните инструменти (теодолити) се постигнува со помош на либела на вертикалниот лимб (висинска либела). Кога алхидадината оска во просторот би стоела потполно вертикално, меурот на висинската либела секогаш би врвнел. Бидејќи алхидадината оска никогаш не може да ја доведеме во вертикална положба, при визирање на различни точки меурот на либелата ќе отстапува. Затоа е потребно при секое читање на поделбата на вертикалниот лимб задолжително да се доведе меурот на висинската либела да врвни. Точноста на одржувањето на индексот за читање на поделбата на вертикалниот лимб зависи од осетливоста на висинската либела, со што воедно се ограничува и точноста на мерењето на вертикалните агли. Ако, пак, заради зголемување на точноста на мерењето на вертикалните агли поставиме висинска либела со поголема осетливост, при мерењата ќе биде потребно повеќе време за доведување на меурот во највисоката точка (да врвни). Сето ова бара поголема концентрација при мерењата, што го продолжува времетраењето на мерењето на правците и го зголемува заморувањето на операторот. Да не зборуваме за случаите кога оператор почетник заборава и да го погледне меурот на либелата, со што веднаш внесува груби грешки во своите мерења.

Во последно време, повеќето фабрики кои се занимаваат со изработка на геодетски инструменти настојуваат наместо висински либели да користат уред за автоматско одржување на индексот за читање на поделбата на вертикалниот лимб на исто место. Ваквите уреди се нарекуваат *компензатори*. Нив ги има повеќе видови, а се разликуваат по конструкцијата во зависност од фабриката која ги произведува. Со воведувањето на компензаторите отстранети се сите недостатоци на висинските либели.

9.4.1. Компензатор со течност кај инструментите од фирмата Wild T1 – A

Ваков компензатор е вграден кај инструментот Wild T1–A. На патот на зракот, од индексот I до поделбата на лимбот, најпрвин се наоѓа објективот, потоа стаклена призма половично наполнета со течност, чиј индекс на прекршување е $n=1,4$ (сл. 9.10a.).



Сл. 9.10. Компензатор со течности кај Wild.

Бочните страни на призмата се изработени од метал, а горната и долната страна се од стакло (планпаралелна плочка),

чии дебелини можат да се запостават. Целиот компензатор е цврсто врзан за носачот на дурбинот.

Кога алхидадината оска во просторот стои вертикално, зракот кој поаѓа од индексот ќе помине низ објективот и призмата со течност не менувајќи го правецот, затоа што паѓа нормално на хоризонталната површина на течноста.

Да претпоставиме дека алхидадината оска не е вертикална, туку со вертикалата зафаќа агол δ . Аголот δ е агол меѓу правецот на вертикалата и алхидадината оска во вертикалната визуерна (колимациска) рамнина.

Бидејќи алхидадината оска на стои вертикално, цел инструмент, заедно со компензаторот, ќе биде закосен. Затоа ќе се формира течен оптички клин. Сега зракот, кој поаѓа од индексот и оди по оптичката оска на објективот, ќе помине низ објективот не менувајќи го својот насока, сè додека не дојде до течниот оптички клин кој ќе му го смени правецот за агол ε (сл. 9.10b).

Аголот на свртувањето на зракот ε ќе биде во функција од аголот δ и индексот на прекршување:

$$\varepsilon = (n - 1) \cdot \delta .$$

Линеарното поместување на индексот за читање на поделбата на лимбот:

$$e = d \cdot \varepsilon = d \cdot (n - 1) \cdot \delta$$

треба да одговара на растојанието за кое поделбата на лимбот е поместена заради невертикалноста на алхидадата:

$$e = R \cdot \delta ,$$

од каде може да се најде:

$$d \cdot (n - 1) \cdot \delta = R \cdot \delta ,$$

$$d = \frac{R}{n - 1} ,$$

оддалеченоста на течниот клин од поделбата. На тој начин ќе се постигне ликот на поделбата, и покрај невертикалноста на алхидадината оска, да падне на лимбот во насока на вертикалата на центарот на поделбата на лимбот.

Компензаторот се испитува на следниов начин:

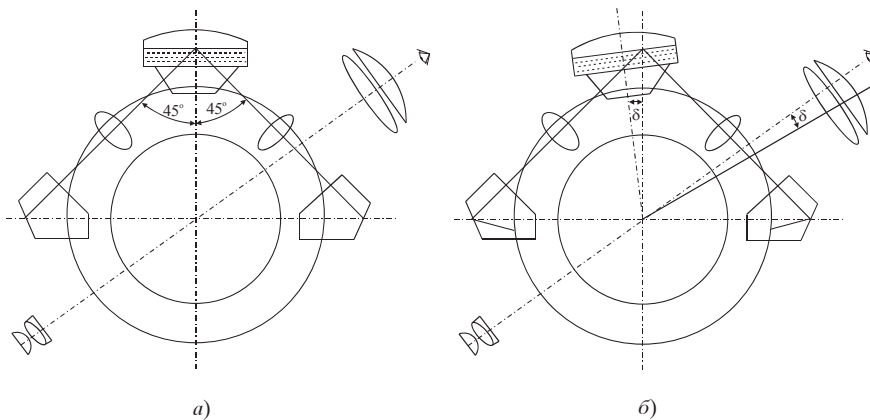
- откако алхидадината оска е доведена во вертикална положба, се наместува читањето на вертикалниот лимб да биде 90° ;
- во насока на едниот положбен винт поставуваме летва вертикално на растојание од 80 до 100 m;
- со средниот конец на кончаницата ќе се прочита поделбата на летвата l_1 ;
- се делува на положбениот винт, кој е во насока на летвата, додека меурот на центричната либела не отстапи до работ на означениот круг на либелата;
- повторно се наместува дурбинот така што на вертикалниот лимб се чита 90° ;
- на крајот се чита поделбата на летвата l_2 . Ако читањата l_1 и l_2 не се разликуваат повеќе од 2 до 3 mm, компензаторот функционира добро. Во спротивно, треба да се менува растојанието d , што го прави само овластен сервисер. Во овој случај, пригушувач на осцилациите не е потребен бидејќи течноста, поради својот вискозитет, се смирува брзо.

9.4.2. Компензатор со тачност кај инструментите од фирмата Kern

Како компензатор кај инструментот Kern DKM – 2a е искористена е тачност (специјално масло) која дејствува на принцип на тотална рефлексција. Течноста е сместена во еден херметички затворен сад. Садот со тачност е поставен на стаклена правоаголна призма чиј индекс на прекршување е ист како и индексот на прекршување на течноста.

Кога алхидадината оска е вертикална, нивото на течноста во садот стои хоризонтално, односно нормално на алхидадината оска. Светлосниот зрак, кој го носи ликот на поделбата на лимбот, поминува низ левата призма. По поминувањето на зракот низ леќата, зракот доаѓа до призмата под садот под прав агол i , не менувајќи го правецот, доаѓа до површината на течноста под агол од 45° . Тука зракот се одбива под прав агол,

поминува низ призмата и леќата и, на крајот, по прекршувањето низ десната призма доаѓа во хоризонтална рамнина од каде што зракот тргнал и во која е центарот на поделбата на лимбот. Според тоа, во видното поле на микроскопот доаѓаат двата дијаметрално спротивни краеве на поделбата на лимбот, кои се во хоризонтот со центарот на поделбата на лимбот. Доколку е задоволен условот при хоризонтална визура читањето да биде 90° , тогаш читањето на вертикалниот лимб истовремено ќе биде и зенитно растојание. Бидејќи во видното поле на окулар – микроскопот се доведуваат двата дијаметрално спротивни краеве на поделбата на лимбот, извршеното читање ќе биде ослободено од влијанието на ексцентричноста на алхидадата (сл. 9.11a.).



Сл. 9.11. Компензацион со течноста на Kern.

Да претпоставиме дека алхидадината оска е закосена во однос на вертикалата за агол δ . Нивото на течноста во садот ќе заземе хоризонтална положба, а во однос на правецот на алхидадината оска неговата нормала ќе отстапи за аголот δ . Левата призма ќе биде на крајот од радиусот, кој со хоризонталата зафаќа агол δ , па зракот ќе го носи ликот на поделбата на лимбот, кој е под хоризонтот за агол δ . Патот на зракот од левата страна до нивото на течноста во однос на оптичкиот систем е ист како и кога алхидадината оска е вертикална, но е кон вертикалата, во однос на исправната положба, ќе отстапи за агол δ .

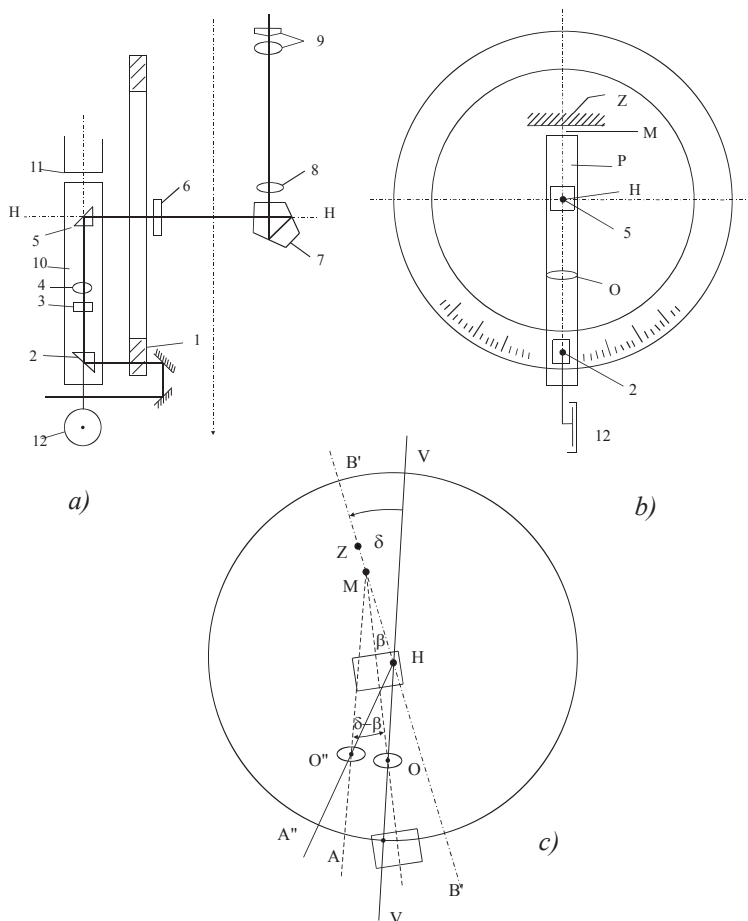
Кога нивото на течноста би останало нормално на алхидадината оска, крајот на зракот би бил на ист дијаметар како и во почетната положба, а тоа би била сл. 9.11., заротирана за агол δ . Бидејќи нивото на течноста спрема алхидадината оска е закосено за агол δ , па аголот меѓу влезниот и излезниот зрак нема да остане 90° , туку ќе се измени за агол 2δ , односно ќе биде $90^\circ - 2\delta$. Заради тоа зракот, кој го носи ликот на поделбата на лимбот, ќе падне на десната призма под хоризонтот на центарот на поделбата на лимбот, односно ќе биде во хоризонтот со поминувачкиот зрак. Во видното поле на дурбинот окулар – микроскопот ќе се појават два краја на поделбата на лимбот, кои не се на ист дијаметар, туку се на краевите на два радиуси, кои со хоризонтот зафаќаат агол δ . Тоа на читањето на поделбата се одразува како влијание на ексцентричноста на алхидадината оска. Со земање на средина од читањата на два краја на поделбата на лимбот, грешката се поништува (сл. 9.11b.).

Подрачјето на компензација е $\pm 5'$, а точноста која уредот ја дава изнесува околу $\pm 0'',3$. Ако се случи алхидадината оска во просторот да отстапи повеќе од $5'$, зракот се губи во призмите, па така не може да се чита поделбата на вертикалниот лимб.

9.4.3. Компензатор со федер кај инструментите од фирмата Zeiss од Јена

На сл. 9.12. е дадена оптичка шема на микроскопот за читање на поделбата на вертикалниот лимб, каде што:

- 1 - вертикален лимб;
- 2 и 5 - правоаголни призми;
- 3 и 4 - леќи на објективот на компензаторот;
- 6 - стаклена плочка со индекс;
- 7 - петстрана призма;
- 8 и 9 - објектив и окулар на микроскопот;
- 10 - тело на клатното;
- 11 - федер,
- 12 - пригушувач на осцилациите;
- H – H - хоризонт на центарот на лимбот.



Сл. 9.12. Компензатор со федер кај Zeiss.

Зракот кој поаѓа од окото на операторот поминува низ индексот, призмата 5, која го насочува зракот кон оптичкиот центар на објективот (3, 4) на компензаторот, од каде што со призмата 2 се насочува кон поделбата на лимбот. Објективот 3 и 4 создава реална слика на индексот за читање во рамнината на поделбата на вертикалниот лимб. Компензаторот го сочинува клатното (10) закачено на федерот (11). Кога алхидадината оска е вертикална и телото на клатното стои вертикално, па и зракот кој го носи ликот на индексот ќе биде вертикален,

односно читањето на поделбата на лимбот ќе се изврши во вертикалата на центарот на поделбата на лимбот (сл. 9.12a, b.).

Ќе го разгледаме случајот кога алхидадината оска не е вертикална, туку со вертикалата зафаќа агол δ (сл. 9.12c.). Заради ова, точката на која е прицврстен федерот ќе излезе од вертикалната рамнина која поминува низ правецот на оската Н – Н. Кога не би било дејствувањето на федерот, телото на клатното би го зазело правецот на вертикалата, оптичкиот центар на објективот на компензаторот би дошол во точката О", а ликот на индексот би паднал на погрешно место во точката А". Заради дејствувањето на федерот, телото на клатното со правецот на вертикалата ќе го заземе аголот β (а не аголот δ) таков што оптичкиот центар на објективот на компензаторот повторно да дојде во вертикална рамнина која поминува низ обртната оска. Со самото тоа зракот, кој поминува низ индексот, призмата 5 и оптичкиот центар на леќите 3 и 4 ќе стои вертикално. Тоа значи дека читањето на поделбата на лимбот ќе се изврши на правилно место (пресекот на вертикалната рамнина Н – Н со рамнината на лимбот) без разлика на закосеноста на алхидадината оска.

Од триаголникот МНО следува:

$$\frac{\overline{HO}}{\overline{MO}} = \frac{\sin \beta}{\sin(180^\circ - \delta)} \quad \sin \beta = \frac{\overline{HO}}{\overline{MO}} \sin \delta = f(\delta, \overline{MO}, \xi),$$

од каде што се гледа дека аголот β е во функција од:

δ - закосеноста на алхидадината оска;

\overline{MO} - растојанието од точката на висување до оптичкиот центар на леќата на компензаторот;

ξ - еластичноста на федерот.

Подрачјето на компензација изнесува $\pm 4'$, точноста која ја дава компензаторот е $\pm 1",5$, а времето на смирување е околу 1 секунда.

9.5. МЕРЕЊЕ НА ВЕРТИКАЛНИ АГЛИ

Вертикалните агли (зенитните растојанија) се мерат за различни потреби, како што се:

- одредување на апсолутните висини на деталните точки кои го карактеризираат теренот во висинска смисла;
- одредување надморски висини на полигонски точки;
- одредување надморски висини на тригонометриските точки;
- следење на слегнување на објектите;
- одредување на висините на објектите, итн.

Точноста на одредувањето на наведените точки е во границите од неколку милиметри до дециметри. Точноста на одредувањето на висинските разлики најмногу зависи од точноста на мерењето на вертикалните агли. Кај прецизните работи, каде што се бара голема точност на одредувањето на висинските разлики, вертикалните агли се читаат до секунда, а при работите со помала точност, до една минута. Распонот на точноста е значаен, па затоа за секоја конкретна работа позната е точноста со која треба да се мерат вертикалните агли. Во зависност од тоа, се врши избор на соодветните инструменти и методи на мерења. Вертикалните агли се мерат по проста или по гирусна метода. Вертикалните агли во полигонометриската мрежа се мерат во еден гирус, а во тригонометриската мрежа во три гируса.

9.5.1. Проста метода за мерење на вертикални агли

Простата метода на мерење на вертикални агли (која се користи и за мерење на хоризонтални агли) е мерење на агли само во една положба на дурбинот. Во првата положба на дурбинот се визира една точка со хоризонталната црта од кончаницата, меурот на висинската либела се наместува да врвунуи и се чита вредноста на поделбата на вертикалниот лимб. Оваа вредност претставува зенитно растојание, односно вертикален

агол. Доколку условот не е исполнет, односно при хоризонтална визура, читањето на вертикалниот лимб треба да биде 90° или 0° , па со ваквата грешка ќе биде оптоварено секое измерено зенитно растојание, односно вертикален агол. Освен тоа, на точноста на мерењето на зенитните растојанија влијае и неточното доведување на меурот на висинската либела да врвуну, грешката на визирањето, грешката на читањето на поделбата на лимбот и др. Овој начин на мерење на вертикални агли се користи кога не е потребна поголема точност од една минута (тахиметриско снимање на детаљот). Податоците од мерењата на вертикалните агли по проста метода се запишуваат во тахиметрискиот записник и притоа се заокружуваат на цели минути.

9.5.2. Гирусна метода за мерење на вертикални агли

Гирусната метода за мерење на вертикални агли е метода за мерење на агли во двете положби на дурбинот. Главно, вертикалните агли се мерат по гирусна метода, освен во оние случаи кога не се бара поголема точност отколку што може да се оствари со простата метода на мерење.

Мерењето на вертикалните агли во еден или повеќе гируси се контролира со помош на вредноста $2HV = KL + KD$, односно $2VV = KL + KD$. Овие вредности за сите мерења треба да бидат приближно исти (константни). Со правилникот за државен премер е предвидено најголемата вредност на $2HV$, односно $2VV$ да не смее да ја премине дозволената граница.

Пример 9.8: Да се пресмета вертикалниот агол и зенитното растојание врз основа на читањата на вертикалните агли, мерени во две положби на дурбинот:

$$a) KL = 92^\circ 36' 48", \quad KD = 267^\circ 25' 10"$$

Решение:

$$2Z = KL + 360^\circ - KD = 185^\circ 11' 38",$$

$$Z = 92^\circ 35' 49".$$

$$b) KL=6^{\circ}26'10'', KD=173^{\circ}34'50''$$

Решение:

$$2\alpha = KL + 180^{\circ} - KD = 12^{\circ}51'20'',$$
$$\alpha = 6^{\circ}26'40''.$$

Кога вертикалните агли треба да се мерат во три гируса, а кончаницата на теодолитот има само една хоризонтална црта, меѓу одделните гируси мора да се менува висината на инструментот или, пак, да се визира од иста висина на инструментот, но на различна висина на сигналот. Повеќето теодолити имаат кончаница со три хоризонтални црти. Со мерење на една точка со три хоризонтални црти во две положби на дурбинот се добиваат три вредности на аголот (во три гируса). Преку секој конец се добива по една вредност на вертикалниот агол.

Податоците од мерењата на вертикалните агли во три гируса се запишуваат во тригонометрискиот образец 1V.

Откако ќе се центрира инструментот, се мери висината на инструментот (i), од горната површина на белегата до обртната оска на дурбинот. Висината на инструментот се мери со помош на рачна лента или, пак, со летва.

Визирните точки можат да бидат сигнализирани со помош на сигнал кој е поставен над центарот на точката или со летва. При визирање на фиксирани сигнали се визира врвот на сигналот и се мери неговата висина. Кога како сигнал користиме летва, со помош на хоризонталната црта од кончаницата се визира одредено читање на летвата и неговата вредност се запишува како висина на сигналот.

Постапката на мерење на вертикални агли во еден гирус се состои во следното:

- се навизира сигналот или летвата во првата положба со помош на средната хоризонтална црта на кончаницата;
- со микрометарскиот винт на алхидадата на вертикалниот лимб се доведува меурот на либелата да врвунуи, а потоа се чита вредноста на поделбата на лимбот KL . Ако вертикалниот лимб се чита, со помош на два одвоени микроскопи на две дијаметрално спротивни места на поделбата на лимбот, тогаш најнапред се чита микроскопот кај окуларот на дурбинот, а потоа

микроскопот кој е поблизок до објективот, како втор, и двете читања се запишуваат во записник;

- дурбинот го ставаме во втора положба и со средната црта од кончаницата ја навизираме истата точка;

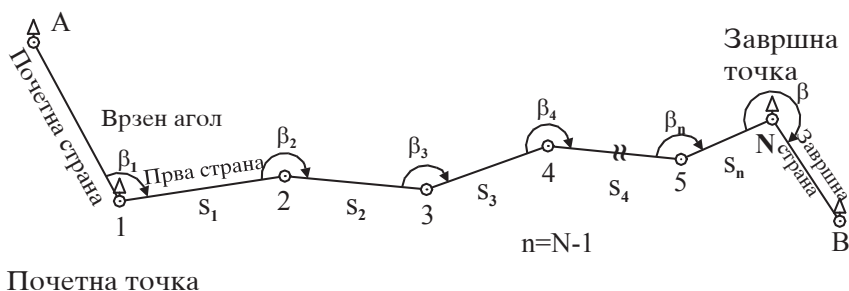
- се доведува меурот на висинската либела да врвни и се чита вредноста на поделбата на лимбот KD . Ако вертикалниот лимб се чита со помош на два одвоени микроскопи на две дијаметрално спротивни места на поделбата на лимбот, тогаш најнапред се чита микроскопот кај објективот на дурбинот, како прв, а потоа микроскопот кој е поблизок до окуларот, како втор, и двете читања се запишуваат во записник.

Кога од една станица се мерат вертикални агли кон повеќе визурни точки, не е ист редоследот на визирањето како кај мерењата на хоризонталните агли. При мерењето на вертикални агли се мери точка по точка, во двете положби на дурбинот.

10. ПОЛИГОНСКА МРЕЖА

10.1. ОСНОВНИ ПОИМИ

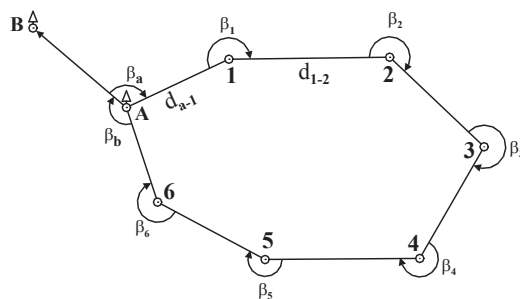
Најголем број на геодетски стручни лица се занимаваат со детален премер, со изработка на планови и карти и одржување на премерот. За да може да се изврши детален премер потребна е многу густа геодетска мрежа, односно на секои 200 - 300 m да има барем една точка. Тригонометриската мрежа, во која должините на страните изнесуваат 1 - 4 km, ни приближно не може да ги задоволи потребите на премерот. Заради тоа меѓу тригонометриските точки се поставуваат низа на точки (2, 3, 4, ...) на меѓусебно растојание од околу 100 - 300 m, кои меѓусебно, а и со тригонометриските точки се поврзуваат со мерење на агли и должини (сл. 10.1.).



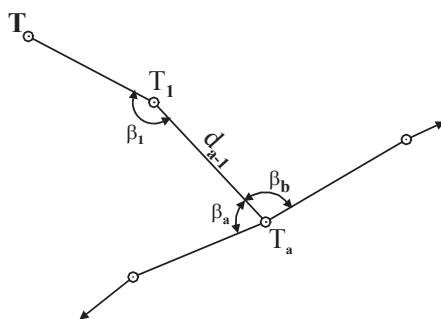
Сл. 10.1. Полигонски влак.

Точките 2, 3, 4,... се викаат полигонски точки и нивниот топографски знак е *круѓ со точка во центарот на круѓот* (⊙). Ваквата низа на точки 2, 3, 4,... го сочинува полигонскиот влак. Ако полигонскиот влак е поставен помеѓу две дадени* точки (да претпоставиме 1 и N) го нарекуваме *вметнат полигонски влак* (сл. 10.1.). Полигонскиот влак, кој почнува и завршува на една иста точка се нарекува *затворен полигонски влак* (сл. 10.2.), а влакот кој почнува од дадена точка и завршува „на слепо“, се нарекува *слеп полигонски влак* (сл. 10.3.).

* Дадените точки имаат координати.



Сл. 10.2. Зайворен полигонски влак.



Сл. 10.3. Слей полигонски влак.

Пред пресметувањето на координатите на полигонските точки се утврдува редоследот по кој ќе се вршат пресметувањата на координатите на полигонските точки. Редоследот на пресметување на координатите се назначува на скицата на полигонскиот влак со насоката на пресметувањата. Тоа е црвена линија извлечена од левата страна на влакот од почетокот до крајот. На почетокот на оваа линија се црта точка, а на крајот стрелка (сл. 10.24.). Со тоа се дефинирани елементите на полигонскиот влак:

- почетна точка на влакот 1 и завршна точка на влакот N се дадените точки на кои се потпира влакот;
- полигонска страна е должината меѓу две соседни полигонски точки во влакот, или должината меѓу полигонската и соседната тригонометриска точка;
- почетна и завршна страна се дадените страни со кои се поврзува влакот (S_{A1}, S_{NB});

- почетен (β_1) и завршен (β_N) сврзен агол на дадената почетна и завршна точка на влакот;
- прекршни агли се аглите на полигонските точки во влакот меѓу соседни полигонски страни. Бидејќи меѓу две должини секогаш постојат два агли чиј збир е 360° , тогаш за прекршни и врзни агли треба да се земат аглите кои се наоѓаат од левата страна на влакот, одејќи во насоката на пресметувањето, односно од истата страна на која се наоѓа стрелката која ја означува насоката на пресметувањето.

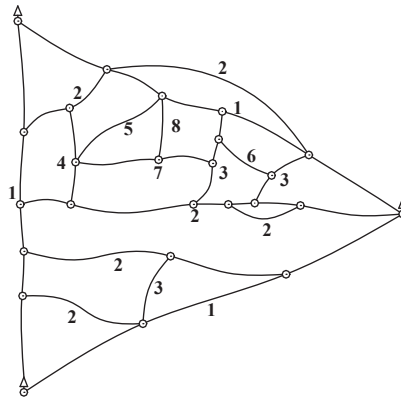
10.2. КЛАСИФИКАЦИЈА НА ПОЛИГОНСКАТА МРЕЖА

Кога полигонските влаци би биле развиени само меѓу тригонометриските точки, тогаш правецот на нивното протегање би бил приближно по страните на триаголниците на тригонометриската мрежа. Меѓу овие влаци би останал голем непокриен простор, така што и на тој дел треба да се постават уште полигонски влаци. Тие со своите краеве ќе се потпираат на полигонските точки, кои припаѓаат на полигонските влаци кои се вметнати меѓу тригонометриските точки. Со сукцесивното поставување на нови влаци, кои се потпираат на претходно поставените, ќе се добие доволна густина на полигонски точки од кои може да се снимат целиот детаљ. Така меѓусебно поврзаните полигонски влаци, кои претставуваат целина, ја сочинуваат полигонската мрежа (сл. 10.4.).

Поради остварување на правилен облик на полигонската мрежа и пресметување на должините на полигонските влаци се користат и *јазолни* точки. Јазолна точка е точка во која се среќаваат три или повеќе полигонски влаци кои поаѓаат од тригонометриски точки или некои други јазолни точки. Се смета дека јазолните точки имаат ранг на тригонометриски точки од четврти ред, па влаците, кои се потпираат на нив, исто така се главни влаци.

Полигонската мрежа се дели на основна и дополнителна полигонска мрежа. Основната полигонска мрежа ја сочинуваат главните полигонски влаци (влаци меѓу тригонометриски точ-

ки или јазолни точки, или јазолни и тригонометриски точки). Дополнителната полигонска мрежа се развива во рамките на основната полигонска мрежа.

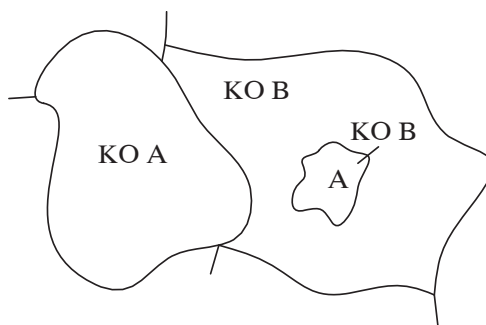


Сл. 10.4. Полигонска мрежа.

10.3. ПРОЕКТ И РЕКОГНОСЦИРАЊЕ НА ПОЛИГОНСКА МРЕЖА

Под рекогносцирање на полигонска мрежа се подразбира избор на места на теренот за поставување на полигонски точки. Точките се поставуваат по влаци кои заедно ја сочинуваат полигонската мрежа. Полигонската мрежа се користи како основа за снимање на детаљот.

Деталите се снимаат по катастарски општини. Катастарската општина ја сочинува едно населено место со околниот атар. Катастарската општина (скратено се пишува КО) мора да претставува една топографска целина. Може да се случи дел од земјиштето на населението од една КО да биде одвоен со атарот на некое друго место од неговата КО. Во тој случај одвоениот дел на земјиштето на населението на едно место ќе биде сместено во онаа КО со чиј атар е опфатено земјиштето (сл. 10.5.). Поголемите градови можат да бидат поделени на повеќе КО.



Сл. 10.5. Катастарски полигоони.

Според тоа, полигонската мрежа се развива по КО, односно полигонската мрежа на една КО мора да претставува целина. За поголемите градови, кои се поделени на повеќе КО, се поставува единствена полигонска мрежа без обѕир на границите на катастарските општини. Таков карактер има и полигонската мрежа која се користи за снимање на: пат, река, канал и др.

Пред почетокот на поставувањето на полигонските точки на терен, мора да се пронајдат и да се сигнализираат тригонометриските точки. Кога се врши рекогносцирањето пожелно е да се има карта на атарот на кој се поставува полигонската мрежа. Со тоа ќе биде олеснет изборот на правците на протегањето на влаците, а самата мрежа ќе има подобар облик. За поголемите населби и градови, пред рекогносцирањето се изработува проект на полигонската мрежа кој го заверува надлежната институција (во овој момент тоа е Агенцијата за катастар на недвижности). Во текот на проектирањето и рекогносцирањето на мрежата се придржуваме на принципот „од љоголемо кон љомало“. Прво се поставуваат главните влаци меѓу тригонометриските точки. На тој начин теренот ќе биде поделен со влаци на делови, во облик на триаголник. Потоа, во внатрешноста на триаголниците се поставуваат влаци со помал обем и помали должини сè додека не се постигне доволната густина на точките. Во населените места и градовите главните полигонски влаци се поставуваат по должината на улиците, главните патишта, железничките пруги и други комуникации.

Заради избегнување на долги и паралелни влаци, како и заради правилно распоредување на неизбежните грешки при ме-

рењата, треба да се користат јазолни точки. Не е дозволено вкрстувањето на влаците во исто ниво. Со други зборови, две полигонски страни не смеат да се сечат во исто ниво. Исклучително се дозволува два влака да се вкрстуваат ако, на пр., еден влак оди долж пругата во длабок засек, а друг влак го сече по брегот или по надвозникот.

Слепите полигонски влаци треба да се избегнуваат. Тие се поставуваат само ако се неизбежни, а може да имаат само две страни.

При развивањето на полигонската мрежа треба да се води сметка полигонските влаци да се потпираат на тригонометрички точки, како и на полигонски точки кои се одредени врз основа на мерења од иста или поголема точност од онаа со која ќе се мери во мрежата која се поставува.

Полигонската мрежа, во која должините се мерат со електронски далечиномери, а аглиите со едносекундни теодолити, често се нарекува и *полигонометриска мрежа*. Точките на таа мрежа се нарекуваат *полигонометриски точки* и се означуваат со топографскиот знак ⌘ . Тие влаци, како и страните во нив, може да бидат подолги.

При рекогносцирање на полигонската мрежа мора да се почитуваат основните правила кои треба да обезбедат квалитет и трајност на мрежата:

- Влакот треба да биде развлечен, т.е. прекршните агли на влакот, по можност, да бидат што поблиску до 180° . Ова барање има своја оправданост заради тоа што со иста метода на работа, потрошеното време и средствата за работа, положбата на полигонските точки во развлечениот влак ќе бидат поточно одредени во однос на искршениот влак. Пресметувањето на координатите, исто така, е поедноставно.

- Должините на полигонските страни треба да бидат 50 – 250 m, а со исклучок и до 500 m. Кога должините се мерат со електронски далечиномери, страните можат да бидат и подолги. Освен тоа, треба да се настојува соседните страни во влакот да бидат приближно со иста должина. Не би требало односот на соседните страни да биде под 1 : 2, а во исклучителни случаи може да се дозволи 1 : 3. На пример, ако едната должина е 100 m, другата (соседна) не би требало да биде пократка од 50 m или подолга од 200 m.

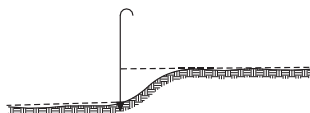
- Кога страните се мерени со лента, влакот не треба да биде подолг од 2,5 km на терен кој е поволен за мерење, од 2,0 km на терен со средна поволеност и 1,0 – 1,5 km на терен неповолен за мерење. Кога должините се мерат со електронски далечиномери, влаците можат да бидат и подолги. Со поставување на една или повеќе јазолни точки може да се постигне влаците да не ги преминат дозволените максимални должини.

Полигонските влаци, кои се среќаваат во јазолни точки, треба да бидат приближно со иста должина и да бидат правилно распределени околу јазолната точка. Јазолната точка треба да се одреди од три или повеќе влаци.

При изборот на местата, на кои треба да се постави (стабилизира) полигонската точка, мора да водиме сметка за следното:

- Белегите на полигонските точки да не бидат оштетени или уништени – заради тоа полигонските точки треба да се поставуваат надвор од границите на орањето, т.е. на меѓата на парцелата, покрај патот на банкината, подалеку од одронот на земјиштето и сл.

- Аглите и должините колку што може поточно да се мерат, односно значката при мерењето на аглите да може да се визира што поблиску до центарот на белегата, а должините да може да се мерат без прекршни и без издигнувања на лентата (сл. 10.6.). На една полигонска страна може да се дозволи да има најмногу два, а исклучително три прекршни. Кога профилот на земјиштето е таков што треба да се постават повеќе прекршни, таквата страна се одредува индиректно.



Сл. 10.6. Мерење на должина со прекршна точка.

- Од полигонската точка да може да се снимаат што повеќе детал. Затоа треба да се одберат места кои доминираат на теренот и кои не се обраснати со растенија.

- Да можат да се врзат споредните влаци за полигонската точка.

- Во градовите и населените места полигонските точки треба да се поставуваат на тротоарите, подалеку од сливниците и ревизионите окна на канализациите, а притоа да се води сметка влакот да оди од истата страна на улицата, посебно ако улицата е права.

Обликот на влаците, изгледот на полигонската мрежа и сето останато е врзано за рекогносцирање на полигонската мрежа што, главно, зависи од конфигурацијата на теренот и од искуството на геодетскиот стручњак кој го врши рекогносцирањето на мрежата. Постојат безброј можни решенија за избор на место за полигонски точки, а мал број од нив ќе ги задоволат бараните услови. Изборот на најдоброто место од сите можни решенија зависи исклучиво од искуството и стручноста на геодетскиот стручњак и од објективните теренски прилики.

Кога сигнализирањето на тригонометриските точки ќе се заврши и кога ќе се запознаат теренските прилики, рекогносцирањето на полигонските точки може да започне. Најнапред се поставуваат полигонските влаци меѓу тригонометриските точки или јазолните точки, односно тригонометриски и јазолни точки. Водејќи сметка за наведените правила, се тргнува од една тригонометриска точка и одејќи приближно во правецот на другата се избира место за поставување на полигонски точки. Меѓу полигонските точки кои припаѓаат на главните влаци (кои веќе се рекогносцирани) се поставуваат споредни полигонски влаци сè додека одредено подрачје не се покрие со доволна густина на полигонски точки. Во таа прилика, во глобала, се прави и планот за пресметување на полигонската мрежа, т.е. се утврдува редоследот по кој ќе се врши израмнувањето на полигонските влаци. Најнапред се пресметуваат координатите на точките во главните влаци, а потоа во споредните влаци, по однапред утврден редослед.

Ако проектот на полигонската мрежа е одобрен, треба да се настојува истиот во потполност да се реализира при рекогносцирањето на полигонската мрежа.

10.4. ВИДОВИ И ТИПОВИ НА БЕЛЕГИ ЗА ПОЛИГОНСКИ ТОЧКИ

Полигонските точки обично се поставуваат при вршење на премер на земјиштето со цел изработка на геодетски планови или извршување на некоја конкретна задача од областа на инженерската геодезија. Меѓутоа, нивната намена е повеќестрана. Тие се користат за одржување на премерот и за изведување на најразлични работи од областа на геодезијата. Голем е бројот на корисници на кои полигонската мрежа им е неопходна кога извршуваат одредена стопанска задача од областа на геодезијата и на неа сродните науки. За успешна експлоатација, полигонската мрежа треба да има траен карактер, а и од голема важност е како ќе се стабилизираат полигонските точки. Начинот на поставување на белегата зависи од видот на теренската подлога каде што белегата ќе се постави: нива, ливада, пасиште, необработливо земјиште, карпи, макадам, бетон, асфалт итн. Така има повеќе типови на белеги кои можат да се сместат во неколку групи:

а) Според материјалот од кој се изработени може да ги поделима на:

- трајни, кои се изработуваат од керамика, камен, бетон и железо;
- привремени, кои се изработуваат од дрво (колци).

б) Според бројот на составните делови:

- прости или еднократни, кои имаат само една белега;
- сложени, со два или три дела, а можат да имаат и некои заштитни делови.

в) Комбинираните белеги може да се користат и како белеги за нивелмански репери.

г) Според положбата во земјиштето, белегите може да ги поделима на:

- видни или надземни, кај кои горниот дел на белегата е над теренот;
- подземни, кои се потполно покриени со земја.

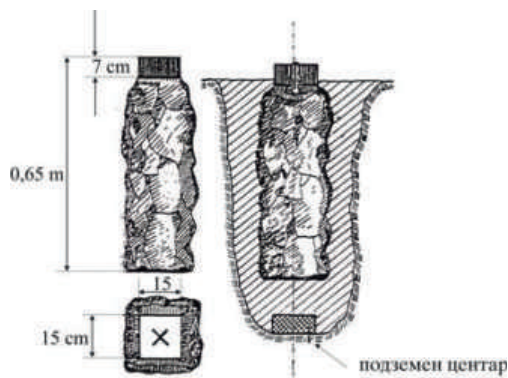
Прецизноста на центарот на белегата зависи од точноста со која се вршат мерењата во мрежата. Кога мерењата во поли-

гонската мрежа се вршат на обичен начин, центарот на белегата претставува крст или средина на отворот на керамичката цевка. Кога мерењата се вршат со зголемена точност или со електронски далечиномери, центарот на белегата е означен со болцна или со врежан крст или со дупче во средината на белегата. Долниот подземен центар треба да се наоѓа на вертикалата на центарот на горната белега, а служи за да може, врз основа на него, да се обнови уништената горна белега. Горната белега и соодветниот подземен центар на сложените белеги се изработуваат од различен материјал и пропишани димензии:

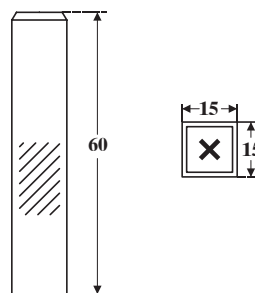
- Белеги од природен камен со обработена глава, всадена болцна или со изделкан крст како центар на белегата (сл. 10.7.); се вкопува во меко земјиште, рамно со земјата или, пак, да е над земјата од 2 до 3 cm. Подземниот центар се изработува од керамика или половина од добро печена цигла.

- Белега од армиран бетон (сл. 10.8.) со означен центар во форма на репер со дупче, болцна со дупче или изделкан крст. Оваа белега се вкопува исто како и камената белега.

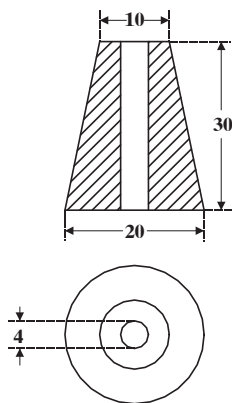
- Бетонска или керамичка цевка со облик на засечен конус (сл. 10.9.). Центарот на белегата претставува средина на шупливата цевка. Долната белега се прави од керамика. Белегата се вкопува под нивото на теренот. Горната белега мора да биде вкопана под длабочината на орањето, во денешни услови, 50 – 60 cm.



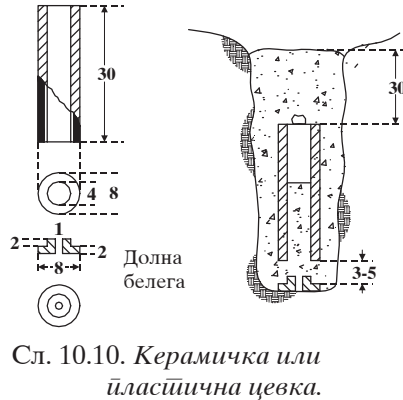
Сл. 10.7. Камена белега.



Сл. 10.8. Бетонска белега.

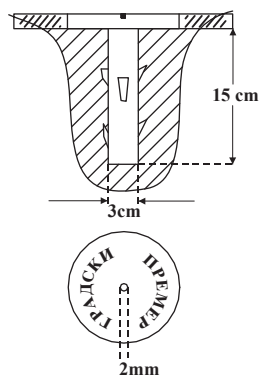


Сл. 10.9. Бейонска или керамичка цевка.



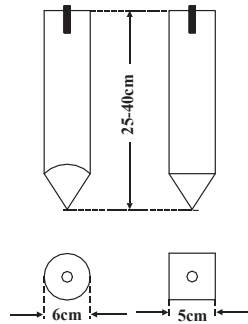
Сл. 10.10. Керамичка или пластична цевка.

- Керамичка или пластична цевка во облик на цилиндар (сл. 10.10.), со подземен центар во облик на капак на цевката, се вкопува на обработливо земјиште под нивото на теренот на длабочина од 50 - 60 cm. На истата длабочина треба да се вкопуваат и белегите од природен камен или армиран бетон ако се поставуваат на обработливо земјиште.



Сл. 10.11. Метална белега.

- Во градовите, на асфалтираните улици и тротоари се поставуваат метални белеги (капи) во иста рамнина со асфалтот (сл. 10.11.).



Сл. 10.12. Привремена белега (дрвен колец).

Како привремени белеги на полигонските точки се користат дрвени колчиња со трклатезен или квадратен пресек и димензии како на сл. 10.12. Центарот на белегата се означува со закован клинец (шајка) во средината на колецот.

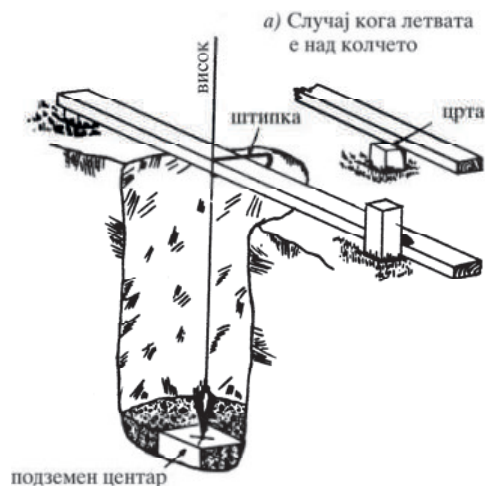
10.5. ВКОПУВАЊЕ (ПОСТАВУВАЊЕ) НА БЕЛЕГИ

Кога дефинитивно ќе се избере местото на кое треба да се постави полигонската точка, тоа место се обележува со соодветна белега со која се дефинира нејзината положба на физичката површина на земјата. Начинот на поставување на белегата зависи од видот на белегата.

Простата белега за полигонските точки – дрвен колец треба да се забива во земја вертикално со помош на дрвен чекан, затоа што така нема да дојде до расцепување на колецот. Забиениот колец треба да биде над земја од 2 до 3 cm, а во неговата горна површина да се закове клинец.

При вкопувањето на сложените белеги важно е центарот на долната белега (подземниот центар) и центарот на горната белега да се наоѓаат на иста вертикала. Постапката на вкопување на сложените белеги е следна (сл. 10.13.):

- На избраното место за поставување на полигонската точка се ископува, по можност, колку може потесна дупка со доволна длабочина.



Сл. 10.13. Вкојување на белега.

- Долната белега се поставува на дното од дупката, а потоа околу неа се става иситнета земја и добро се набива со некој предмет.

- Заради фиксирање на вертикалата на центарот на долната белега се забива еден колец на околу 0,5 m од ископаната дупка и за него, одозгора, се закове една летва со должина 1,5 - 2,0 m, така што да може околу клинецот хоризонтално да ротира. Високот се држи точно над центарот на долната белега, а летвата внимателно се ротира сè додека не го допре крајот на високот. За да се фиксира летвата во таа положба, покрај летвата се забива клинец – бројач или, пак, на друг колец, кој е забиен под летвата, се повлекува црта. Местото на допирањето на крајот на високот на хоризонталната летва се означува со црта.

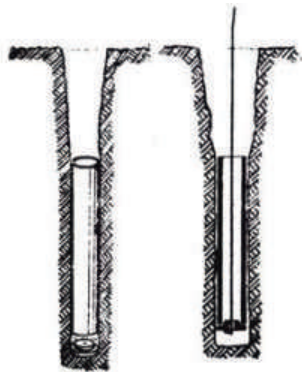
- Над долната белега се истура земја од околу 10 cm дебелина.

- Се поставува горната белега и нејзиниот центар со помош на висок во насока на вертикалата на центарот на долната белега. Горната белега постепено се затрупува со земја и се набива сè додека потполно не се затрупа до крај. Во текот на затрупувањето на горната белега, повремено со помош на високот се контролира нејзината исправност. Ако центарот на белегата отстапува од вертикалата, се исправа со помош на по-

јако набивање на земјата од онаа страна каде што белегата отстапила. На крајот, кога белегата сосема ќе се затрупа и стабилизира, се контролира уште еднаш положбата на центарот и евентуално се поправа. Ако белегата се вкопува во тврда подлога, каде што не може да се забијат колци, заради фиксирање на вертикалата на центарот на долната белега, наместо со летва, се обележува со креда или клинци.

При вкопувањето на белегата со прецизен центар, правецот на вертикалата не може да се означува со обичен висок, туку со помош на оптички висок. Кога ќе се прицврсти долната белега, се центрира статив со оптички висок, тогаш центарот на горната белега се подесува со оптички висок. Стативот може да се помести дури откако потполно ќе заврши вкопувањето на горната белега.

Керамичките цевки се вкопуваат така што низ цевката се провлекува значка чиј врв се забодува во центарот на долната белега. Така поставената значка се држи вертикално, а околу цевката се засипува земја и се набива. Кога е затрупана скоро до крај, цевката се повлекува малку нагоре, за да се одвои од долната белега, а потоа земјата се насипува и набива до врвот на цевката.



Сл. 10.14. Вкопување на керамичка цевка.



Сл. 10.15. Бурџија.

На крајот, цевката се полни со ситна земја, а преку неа се става камен или парче од цигла и се закопува. Наместо значка, низ дупчето на долната белега и горната белега се провлекува

свиткана мека жица, па кога цевката се стабилизира, жицата со јако повлекување се извлекува од цевката и подземниот центар (сл. 10.14.). За да се копаат мали дупки, при вкопување на цевките се користи специјална бургија (сл. 10.15.) која се ротира со помош на провлечен стап низ неа, а има дијаметар поголем од дијаметарот на цевката.

10.6. БРОЕВИ НА ПОЛИГОНСКИ ТОЧКИ

Полигонските точки се нумерираат онака како што се поставува полигонската мрежа, односно по катастарски општини, со броеви, почнувајќи од еден па натаму. Во поголемите градови, кои имаат повеќе катастарски општини, се развива единствена полигонска мрежа за цело подрачје, па и полигонските точки се нумерираат почнувајќи од еден па натаму. Тоа истото важи и за полигонските точки во мрежата која е развиена за потребите на снимањето за некое потесно подрачје, кое се протега на повеќе катастарски општини.

При снимање на населби кои имаат издвоен градежен реон најнапред се нумерираат точките во внатрешноста на градежниот реон, а потоа се нумерираат точките кои се наоѓаат надвор од градежниот реон.

Полигонската точка, која се усвојува како јазолна точка, го задржува бројот кој го има добиено при нумерирањето на полигонските точки.

Ако преку делот на катастарската општина поминува некој влак, кој е поставен за потребите на снимањето на соседната катастарска општина, точките на тој влак се преземаат и се задржуваат нивните броеви од матичната катастарска општина. За да не дојде до дуплирање на броевите на полигонските точки и до забуна, на преземените полигонски точки, покрај бројот, во именителот се става почетната буква на нивната матична катастарска општина.

10.7. ОПИС НА МЕСТОПОЛОЖБАТА НА ПОЛИГОНСКТЕ ТОЧКИ

По стабилизацијата, за секоја полигонска точка треба да се стави топографски опис на положбата и да се соберат сите податоци кои ќе овозможат точките лесно да се пронајдат, кога за тоа ќе се покаже потреба.

Положбата на полигонските точки се опишува во тригонометрискиот образец бр. 27 (прилог 3), во чиј наслов се запишуваат податоци како во зададениот пример. Во тој образец покрај останатите податоци мора да се нацрта ориентациона скица на положбата на точката. Скицата на положбата на точката се црта во приближен размер, при што се дозволува карикирање на некои ситни важни детали на сметка на крупните и помалку важни детали. На скиците се цртаат и сообраќајните објекти и на нив се запишуваат соодветните називи, границите на парцелите со податоците од сопствениците и корисниците, како и културите на земјиштето, карактеристичните дрвја од кои се врши одмерување, со видот на дрвото, телефонски и електрични столбови со броевите, канал и др. Податоците од сопствениците се запишуваат приближно на средината на парцелата, како на примерите во тригонометрискиот образец 27. Одмерувањата се земаат косо на терен до 1 cm од најблиските постојани објекти, кои подоцна лесно можат да се идентификуваат кога за тоа има потреба (при откривањето на точките). Бројот на одмерувањата не би требало да биде помал од 3 и треба правилно да бидат распоредени околу точката. Должините на одмерувањата треба да бидат пократки од должината на една пантлика, освен ако се одмерува меѓа на парцела.

Ако на теренот нема доволно објекти од кои ќе се врши одмерувањето, меѓу две точки на некој постојан објект може да поставиме апсцисна линија, па за полигонската точка да се одреди апсциса и ордината и некое косо одмерување.

Во случај да не постојат такви два објекти, може да поставиме апсцисна линија, почнувајќи од некој постојан објект (меѓа, столб, дрво) спрема некој оддалечен, добро видлив објект (црква, џамија, оџак од фабрика). За полигонската точка се ме-

рат апсцисата и ордината и косите одмерувања во однос на оваа линија.

На карпесто земјиште, каде што нема погодни објекти, на видливи места на карпата, правилно распоредени околу точката, може да се изделкаат ознаки како превртена буква Т (\perp), па од нив да се изврши одмерувањето.

Кога точките се поставуваат на големите парцели кои не се обработуваат (ливади и сл.), северно од точката на 2,5 m се копа дупка, а од земјата се прави куп на средината меѓу дупката и точката. Ако точката е поставена на голема парцела која се обработува, па нема никаква можност да се земат одмерувања, тоа мора да се констатира во забелешка.

Ознаката на типот на белегата, односно скицата на белегата и длабочината на вкопувањето на горната и долната белега се внесуваат во соодветните колони на тригонометрискиот образец 27.

Одмерувањата и описположбата мора да бидат солидно изработени за да не дојде до забуна при откривањето на точките.

10.8. МЕРЕЊА ВО ПОЛИГОНСКА МРЕЖА

Кога беше објаснето за полигонскиот влак, беше речено дека полигонските точки се поврзани меѓусебно со мерени агли и должини. Според тоа, во полигонската мрежа се мерат агли и должини. Точноста на извршените мерења зависи од намената на полигонската мрежа, од приборот со кој се вршат мерењата, како и од поволноста на теренот за мерење (кога должините се мерат со лента).

10.8.1. Мерење на полигонски страни

Должините на полигонските страни може да се одредат со директни мерења непосредно или на индиректен начин, односно посредно.

Индириектното одредување на должините може да се изврши на повеќе начини:

- со обичен или авторедукционен далечиномер (тахиметар), кај тахиметриските влаци;
- со прецизен оптички далечиномер со клин и хоризонтална летва, кај полигонските влаци од редот B и V;
- со електронски далечиномери, кај влаците во сите мрежи;
- со примена на синусна, косинусна или тангенсна теорема.

Должините на полигонските страни може да се мерат директно, и тоа:

- Со зголемена точност, со помош на прецизна челична лента. Овој начин на мерење бара големи подготовки, мерењето е многу споро и неекономично, па веќе и не се користи по појавата на електронските далечиномери.

- На обичен начин, со помош на полска лента (што е детално обработено во глава 6 и кое денес во практиката не се употребува). Покрај описот на приборот и методите на мерење, дадени се објаснувања за категориите на теренот и дозволените отстапувања за разликите на мерењето напред – назад. На овој начин се мерат должините на страните во најголем број на полигонски влаци на терени од редот B, V и G.

Полигонските страни во редот на земјиштето A се мерат со електронски далечиномери.

Со појавата на електронските инструменти почнува да се применува принципот на фазно мерење на линеарните големи-ни. Ваквиот начин на мерење на должини и во денешно време се употребува со помош на тоталните станици, но, исто така, фазниот начин на мерење се применува и во новите технологии кои се применуваат во геодезијата, како на пример користењето на глобалните системи за позиционирање (GPS).

Се разбира дека како резултат на сите овие принципи за мерење на должини се добива растојанието помеѓу две соседни точки во полигонска мрежа, но тој резултат се разликува по точноста на мерењето и зависи од начинот на кој се вршело мерењето. Должина одредена со помош на полска лента има најмала точност, потоа следува поточно одредена должина со помош на инварска жица па оптички начин на мерење и како

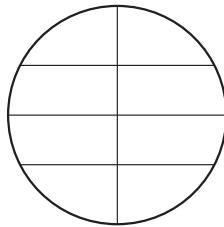
најточна метода на мерење на должини во полигонска мрежа е електрооптичкиот начин на мерење на должини.

На самиот почеток видовме на кој начин се мерат должини со помош на полска лента, а во овој дел ќе биде објаснет принципот на мерење на полигонските страни со геодетски инструменти (оптички и електрооптички).

Кај електрооптичките инструменти разликуваме три принципи на мерење на должина и тоа: *имџулсен*, *фреквенџен* и *фазен* принцип. Овде ќе биде објаснет само фазниот принцип на мерење од причина што тоа е принцип кој сè повеќе се применува со развојот на нови технологии, како на пример сателитски методи на мерење.

10.8.1.1. Обичен шахиметар

Обичниот тахиметар или Рајхенбахов далечиномер е теодолит чија кончаница има една вертикална и три хоризонтални црти (сл. 10.16.). Со ваков облик на кончаница овој инструмент во суштина има три визури кои поминуваат низ оптичкиот центар на објективната леќа и пресекот на вертикалната и хоризонталната кончаница. Надворешните визури формираат паралактички агол $\gamma = 34''.38 = 34'22''$, додека со средната (основната) визура зафаќа агол $\gamma/2 = 17'11''.24$.



Сл. 10.16. Изглед на кончаница со три конци.

Ваквата кончаница овозможува да се добие растојанието од инструментот до летвата, чијашто поделба е нормална на визурата, врз основа на отсечката која се добива како разлика

($l=g-d$) од читањето со горниот и долниот конец на кончаницата според формулата:

$$S = K \cdot l, \quad (10.1.)$$

кај инструментите со постојана должина на дурбинот и

$$S = K \cdot l + c \quad (10.2.)$$

кај инструментите со променлива должина на дурбинот, каде што се:

$K = \frac{f}{n}$ - мултипликациона константа на далечиномерот;

$c = f + \delta$ - адициона константа.

Инструментите со променлива должина на дурбинот се од постари времиња, па за нив нема да стане збор.

Формулата (10.1.) за одредување на должината важи исклучиво кога визурата е хоризонтална, а летвата стои вертикално. Кога визурата со хоризонталната рамнина зафаќа агол α (или, пак, со вертикалната рамнина Z), хоризонталното растојание се пресметува според формулата:

$$S_r = K \cdot l \cdot \cos^2 \alpha = K \cdot l \cdot \sin^2 Z, \quad (10.3.)$$

а висинската разлика според:

$$\begin{aligned} \Delta H &= \frac{1}{2} \cdot K \cdot l \cdot \sin 2\alpha + i - h = S_r \cdot \operatorname{tg} \alpha + i - h, \\ \Delta H &= \frac{1}{2} \cdot K \cdot l \cdot \sin 2Z + i - h = S_r \cdot \operatorname{ctg} Z + i - h. \end{aligned} \quad (10.4.)$$

каде што е:

i – висина на инструментот мерена од горната површина на белегата до обртната оска на дурбинот;

h – читање на поделбата на летвата со средната црта на кончаницата.

Според тоа, Рајхенбаховиот далечиномер е универзален инструмент со кој може да се мерат хоризонтални правци, вертикални правци (зенитни растојанија) и линеарни големини (должини и висински разлики). Од тие причини тој треба да испол-

ни три групи на услови: услов за мерење на хоризонтални правци, услов за мерење на вертикални правци и услови за мерење на должини.

Условите за мерење на хоризонтални и вертикални правци веќе претходно се детално објаснети. За одредување на должината се користат сите три конци од кончаницата, кои треба да ги исполнат следниве услови:

Прв услов: Средната црта на кончаницата да е на средина помеѓу горната и долната црта.

Испитување на првиот услов: Откако ќе го поставиме теодолитот над точката од која ќе ги вршиме мерењата, ќе се испитаат и, по потреба, ќе се ректифицираат сите услови кои треба да се исполнети за мерење на хоризонтални и вертикални правци. На растојание од 10 до 20 m се поставува летва во вертикална положба.

Се врши читање на поделбата на летвата со сите три конци од кончаницата, на пример:

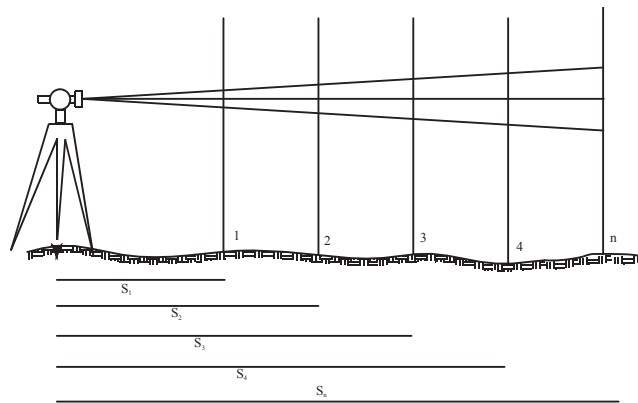
$$d = 1.398; \quad g = 1.492; \quad s = 1.445,$$

и се врши контрола дали вредноста на читањето на средниот конец е навистина на средина

$$s = \frac{1}{2} \cdot (g + d) = \frac{1}{2} \cdot (1.398 + 1.492) = 1.445.$$

Доколку овие две вредности (прочитаната и пресметаната) меѓусебно се разликуваат за од 1 до 2 mm, условот е задоволен, во спротивно таквиот инструмент не смее да се користи за мерење на должини.

Втор услов: Мултипликационата константа на далечиномерот треба да изнесува 100, а константниот паралактичен агол $\gamma = 34'22''$. Адиционата константа на далечиномерите со постојана должина (внатрешно фукусирање) има вредност нула затоа што темето на паралактичкиот агол е доведен во обртната оска на дурбинот. Постапката за одредување на мултипликационата константа е следена (сл. 10.17.):



Сл. 10.17. Одредување на мултипликативна константа.

На приближно рамен и хоризонтален терен се бележи точка А, а од неа на насока на секои 10 до 15 метри со колчиња се бележи низа на точки 1, 2, ... , n сè до оддалеченост од 120 до 130m. Над точката А се центрира далечиномерот, се нишани правецот кон колчињата и се доведува визурата во приближно хоризонтална положба така што вертикалниот агол на визурата нема влијание на редукација на должината.

На сите колчиња се поставува летвата во вертикална положба и се врши читање на поделбата со сите три конци од кончаницата (пример 10.1.).

Потоа со помош на компарирана пантлика се мерат растојанијата од инструментот до секое колче поединечно. Ваквото мерење се врши на крајот за операторот да не врши сугестивни читања на летвата.

Од секој пар на мерење (S_i, l_i) може да се одреди по една вредност на мултипликативната константа $K = \frac{S_i}{l_i}$, а на крајот и средната вредност на мултипликативната константа според формулата:

$$K = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n K_i.$$

Вредноста на мултипликативната константа не може да се менува со помош на ректификација, туку мора како таква да се

употребува во понатамошните пресметувања при одредувањето на должините и висинските разлики (10.3.) и (10.4.).

Точноста на одредувањето на мултипликационата константа зависи од бројот на паровите на извршените мерења.

Пример 10.1: Да се одреди мултипликационата константа на обичниот тахиметар. Мерењата се дадени во таб. 10.1.

Табела 10.1.

| ст. | виз | d | g | s | S_i | $l_g - l_d$ | K |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|--------------|---------|
| A | 1 | 1.402 | 1.510 | 1.456 | 10.76 | 0.108 | 98.629 |
| | 2 | 1.387 | 1.589 | 1.488 | 20.19 | 0.202 | 99.950 |
| | 3 | 1.396 | 1.754 | 1.575 | 35.79 | 0.358 | 99.972 |
| | 4 | 1.298 | 1.807 | 1.552 | 50.83 | 0.509 | 99.862 |
| | 5 | 1.316 | 1.999 | 1.658 | 68.25 | 0.683 | 99.927 |
| | 6 | 1.516 | 2.343 | 1.930 | 82.64 | 0.827 | 99.927 |
| | 7 | 1.257 | 2.263 | 1.760 | 100.55 | 1.006 | 99.950 |
| | 8 | 1.230 | 2.362 | 1.782 | 115.80 | 1.159 | 99.914 |
| | | | | | | $\Sigma K =$ | 799.133 |
| | | | | | | $K =$ | 99.8916 |

10.8.2. Авторедукционен далечиномер

Конструкцијата на дијаграмот на авторедукциониот далечиномер овозможува автоматски на едноставен и лесен начин да се пресмета редуцираната должина и висинската разлика од инструментот до визурната точка на која се држи летва во вертикална положба според формулата:

$$S_r = K_S \cdot (l_s - l_o), \quad (10.5.)$$

$$\Delta H = K_H \cdot (l_h - l_o) + i - l_o, \quad (10.6.)$$

каде што:

K_S – константа за должини ($K_S = 100$);

K_H – константа за висина ($K_H = \pm 10, \pm 20, \pm 50, \text{ и } \pm 100$) која со својот знак е прикажана покрај дијаграмот за висина;

l_s – читање на поделбата на летвата со дијаграмот за должини;

l_h – читање на поделбата на летвата со дијаграмот за висини;
 l_o – читање на поделбата на летвата со нултиот конец;
 i – висина на инструментот;
 $(l_s - l_o)$ – отсечка на летвата за должини;
 $(l_h - l_o)$ – отсечка на летвата за висини.

Пример 10.2:

$$l_s = 1.637 \quad l_h = 1.2767 \quad l_o = 1.000$$

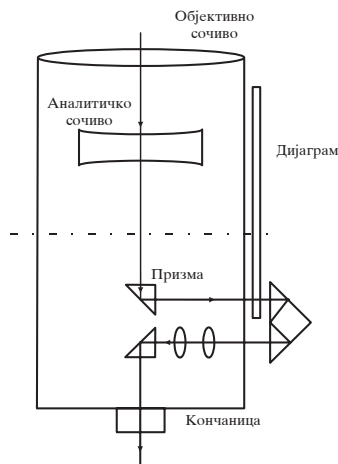
$$K_H = -20 \quad i = 1.48m$$

Решение:

$$S_r = 100 \cdot (1.637 - 1.000) = 63.7m$$

$$\Delta H = -20 \cdot (1.276 - 1.000) + 1.48 - 1.00 = -5.04m$$

Кај постарите модели на авторедукциони далечиномери дијаграмот е видлив само во една половина на видното поле од дурбинот, нацртан како на мат стакло (кое не е прозирно), додека, пак, кај новите модели се гледа во целото видно поле (сл. 10.18.)



Сл. 10.18. Конструктивно решение за гледање на дијаграм во видно поле на дурбин.

Ликот на предметот се формира со поминување на зраците низ објективната леќа и аналитичката леќа (за внатрешно фокусирање) во рамнината на дијаграмот, а потоа заедно со

ликот на дијаграмот во рамнината на кончаницата. Така ликот на предметот се формира два пати, а ликот на дијаграмот само еднаш, со што се постигнува ликовите на предметите кои ги набљудуваме да бидат исправени. Поделбата на лимбовите се читаат едноставно со помош на скала од цртички.

Постојат и други видови на дијаграми, во зависност од производителот, но овде е прикажан само основниот модел и наједноставното решение за конструкција на дијаграм за мерење на должини. Останатите видови на дијаграми нема да бидат прикажани од причина што во денешно време инструментите со дијаграми се многу ретко застапени.

10.8.3. Фазен начин на мерење на должини

Постојат разни елетрооптички инструменти кои работат на принцип на фазни мерења на должините и во зависност од конструктивното решение. Она што е заедничко за сите нив е тоа што работат на ист принцип така што овде ќе зборуваме за општа теорија на фазните далечиномери.

Еден далечиномер кој должината ја мери на фазен принцип треба да има уред кој ќе го фиксира моментот на зрачењето на сигналот како и моментот на регистрирање на приемот на сигналот, откако тој ќе отпатува до соодветната призма, ќе се одбие од истата и ќе се врати назад до далечиномерот, со грешка не поголема од неколку десетици наносекунди ($2-3 \cdot 10^{-10}$ sec), како и мерењето на тој временскиот интервал (t) со истата точност. Ако мерењата на овие параметри би се одвивале со помала точност од споменатата, тогаш грешката во добиените резултати би била поголема од 3 до 5 cm што, пак, одговара на спомената точност.

Со помош на современата техника конструиран е часовник со кој се постигнува така мала точност на мерење на временските интервали, но е многу тешко да се добие импулс кој би го фиксирал моментот на емитување, но и моментот на прием на електромагнетниот бран, со неопходна точност. Особено тешко е кај светлосните импулси.

Познато е дека електромагнетниот бран на разни дијапазони има различни својства. Затоа при изборот на одреден дијапазон на бран, за тој да биде правилен – најоптимален, треба да се води сметка да задоволат основните барања од гледиште на нивното користење за мерење на должини:

- слободно да се распростираат во границите на бараното растојание при секакви метеоролошки услови;
- брзината на нивното распространување да биде позната за соодветни метеоролошки услови во границите на потребната точност;
- траекторијата на патувањето да биде точно позната;
- да биде сведена на минимум дифузијата на таквите бранови од околните објекти кои ја опкружуваат траекторијата на нивното распространување;
- емитувањето и приемот на брановите да се одвива (во техничка смисла) со што поедноставни уреди.

Наведените потребни услови (досегашното ниво на техника и технологија на потребните уреди) најмногу ги задоволува делот од спектарот на електромагнетни осцилации од дијапазонот на светлосни бранови. Меѓутоа, при обична видлива светлина, се јавуваат некои суштествени тешкотии кои кај некои најсовремени уреди се сведени на занемарлива големина. Тоа се:

- голем губиток на светлосни осцилации при појавата на магла и чад во должина на траекторијата на неговото распространување;
- прием на слабиот светлосен сигнал во дневни услови, што создава одредени технички тешкотии.

Поради тоа доаѓа до ограниченост на времето погодно за мерење со светлосни далечиномери на добри услови на видливост или ноќно мерење.

Со користењето на дијапазонот на долги електромагнетни бранови (радио бранови) овие тешкотии може да се одбегнат, но се јавуваат други специфични за нив:

- доаѓа до нивно осетно одбивање од површини и објекти кои се наоѓаат под траекторијата на нивното распространување, што доведува до појава на едновремено примање

во приемниот уред, бранови кои имаат поминато различен пат;

- на брзината на распространување на овие долги радиобранови, како и на светлосните бранови, најмногу влијаат метеоролошките фактори, но сепак влажноста на воздухот влијае многу повеќе на брзината на распространувањето на радиобрановите отколку на светлосните бранови.
- потоа со употребата на електромагнетните бранови со поголеми бранови должини доаѓа и до потреба од зголемување на уредите и антените за примопредавателите;
- на крајот, поради дифракцијата доаѓа и до деформирање на траекторијата на нивното распространување, како и до многу други помалку важни влијанија, кои сè уште не се доволно испитани.

Сето ова на сегашното ниво на развој на техниката доведува до тоа точното мерење на растојанието, при употреба на радиобрановите, да биде можно само доколку се користат радиобранови со сантиметарска бранова должина. Поради тоа, како еталон за мерење на должината треба да се избере најоптимален дијапазон на електромагнетни осцилации, но притоа треба да се води сметка за дадените услови.

Поради горе опишаните предности и слабости на истакнатите методи на мерење на должини во геодезијата, најголема примена имаат електрооптичките далечиномери кои работат на фазен принцип на мерење на должина со помош на инфрацрвени бранови.

10.8.3.2. Електрооптички далечиномери

Електрооптичките далечиномери работат на принцип на фазно одредување на мереното растојание и овде ќе бидат дадени само основните принципи на функционирање.

Кај повеќето инструменти кои се користат во геодезијата, како носечки бранови се инфрацрвените бранови кои ги емитува и модулира емисиона диода на фреквенција од 14.98540 MHz.

Изборот на фреквенција е извршен така што брановата должина изнесува 20 m при одредена температура и воздушен притисок (обично тоа е $t = 20^\circ$ и $p = 1000$ mbar). Кога ова би се изразило приближно, би добиле:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{300 \cdot 10^{-6}}{15 \cdot 10^{-6}} = 20m \quad (10.7.)$$

каде што:

- v – брзина на простирање на светлината;
- λ – бранова должина;
- f – модулирана фреквенција.

Брановата должина според (10.7.) изнесува точно 20 m, но бидејќи светлоста поминува двојно растојание (од инструментот до призмата и назад) тогаш половина од брановата должина ќе изнесува 10 m. Очигледно е дека основниот и рефлектираниот бран ќе се поклопуваат по фазата ако отстапувањето на рефлекторот од инструментот е деливо со 10. Во секој друг случај тие ќе се разликуваат во фазата која е пропорционална на растојанието кое се мери.

Еднозначноста на резултатите на мерењата се постигнува на следниов начин. Се прави мерење на повеќе меѓусебно различни фреквенции. На фреквенцијата од 150 MHz брановата должина според (10.7.) би изнесувала 1000 m. Во тој случај може да се задржи должината со точност со ред на големина 100 m итн. Следната табела илустративно го прикажува резултатот добиен со мерење на некоја произволна должина:

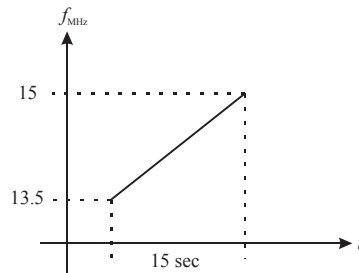
| f | λ | d |
|---------|-----------|-----------------|
| 150 KHz | 1000 m | 639 |
| 1.5 MHz | 100 m | 274 |
| 15 MHz | 10 m | 118 |
| | | 621,18 m |

Резултатот на мерената должина изнесува: **621,18 m**.

Другиот начин на решението на еднозначноста се обезбедува со промена на модулираната фреквенција од својата 90% вредност до 100% вредност, односно од

13.48686 MHz – 14.98540 MHz.

Ваквата промена се врши во континуитет, линеарно во интервал од околу 15 s, по автоматски пат (сл.10.19.).

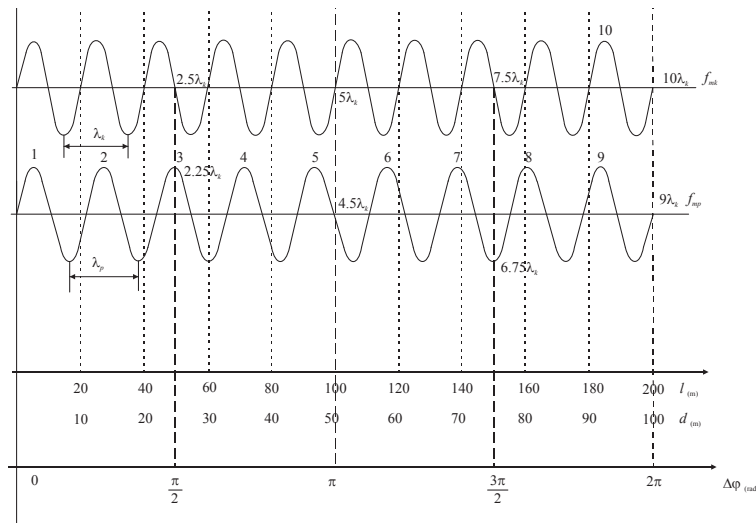


Сл. 10.19. Промена на модулирање на фреквенцијата на интервал од 15 секунди.

Со промената на фреквенцијата, како што е познато од односот:

$$\phi = 2 \cdot \pi \cdot \frac{t_o}{\tau} = 360^\circ \cdot \frac{t_o}{T}$$

се менува и брановата должина λ , бидејќи v секогаш останува иста (константна). Во текот на ваквата промена на фреквенциите во инструментот се мери фазната разлика на почетната и крајната фреквенција на брановите.



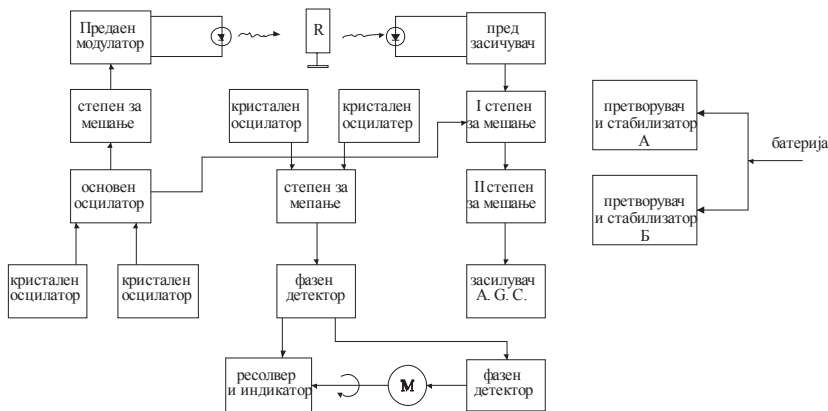
Сл. 10.20. Одредување на еднозначноста на растојание од 100 m.

На сл. 10.20. прикажан е пример на одредување на еднозначноста за растојание од 100 m. Почетната фреквенција на брановата должина изнесува 22.2 m и се содржи девет пати во поминатото растојание од 100 m. Крајна фреквенција на брановата должина е 20 m и се содржи девет пати во мереното растојание. Очигледно е дека фазната разлика во примерот изнесува 2π , односно еден цел бран. Може да се заклучи дека постои линеарен однос меѓу фазните агли и крајната фреквенција и должина која се мери, т.е.

$$\Phi_p - \Phi_k = k \cdot d_i. \quad (10.8.)$$

Нека должината може да се измери ако се измерат фазните агли на почетната и модулираната фреквенција, бидејќи меѓу нив постои линеарен однос (10.8.). Кај електронските инструменти за мерење на должини вграден е таканаречен мерач на фази кој, во суштина, во континуитет го мери фазниот агол и ги одбројува неговите цели вредности, па така според претходните објаснувања се одредуваат целите вредности на брановите должини.

На самиот крај за опис на овие инструменти ќе се прикаже само шема на функционирање на еден електрооптички далечиномер (сл.10.21.), но детално објаснување за улогата на секој од деловите на далечиномерот нема да биде дадена.



Сл. 10.21. Шематски приказ на електро-оптички далечиномер.

10.8.4. Мерење на агли во полигонска мрежа

Во овој дел ќе бидат истакнати некои специфичности, кои се карактеристични за мерење на агли во полигонска мрежа. Пред да се пристапи кон мерењето на агли, сите соседни точки мора да се сигнализираат со соодветни предвидени сигнали. Во практика, главно, се користат два вида на сигнали: значки и визурни маркици. Значките се поставуваат во керамичките цевки или на белегите со помош на метален триножник. Тие мора да бидат вертикални, што се постигнува со помош на висок. Кај кратките визури наместо значка може да користиме и игла или, пак, пенкало кои се држат со рака, или се користи висок кој е обесен на триножник. Маркиците се користат заедно со приборот за присилно центрирање, кога агли се мерат со повисока точност.

Начинот на сигнализирањето на полигонските точки првенствено зависи од точноста со која е потребно да се одредат нивните координати. Начинот на сигнализирањето мора да биде усогласен со прецизноста на центарот на белегата и точноста на центрирањето на инструментот.

Во полигонската мрежа агли се мерат по гирусна метода во два или три гируса. За градовите и населбите од градски карактер, со посебни геодетски мрежи, врзните и прекршните агли во основната полигонска мрежа се мерат во три гируса, а во останатите случаи во два.

Бидејќи во полигонската мрежа од станица се мерат мал број на правци, најчесто по два правци, а ретко повеќе од четири, мерењата траат кратко и затоа не се зема завршна визура.

При мерењето на врзните агли на тригонометриските точки, мора да се мерат најмалку две околни тригонометриски точки. Почетна визура се зема на една од тригонометриските точки, а точките се мерат со ред, без разлика на тоа дали се тригонометриски или полигонски. Ако врзните агли во тригонометриските точки се мерат само кон една тригонометриска точка, можно е да дојде до забуна околу идентификацијата на броевите на тригонометриските точки, па би се случиле аголни несовпаѓања во влакот.

Податоците на мерењето на хоризонталните агли и обработката на податоците од мерењата се запишуваат во тригонометрискиот образец број 1.

10.8.5. Извори на грешки

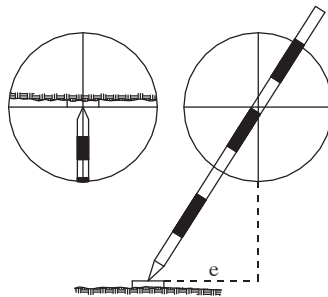
Кога стана збор за мерење на хоризонталните агли (во глава 7.10.), меѓу останатото, се истакна и беше анализирано влијанието на изворите на грешките на точноста на мерењето на агли, како што се:

- грешки кои се појавуваат заради несовершенство на конструкцијата и ректификацијата на инструментот;
- грешки кои се јавуваат заради надворешните прилики;
- лични грешки на операторот.

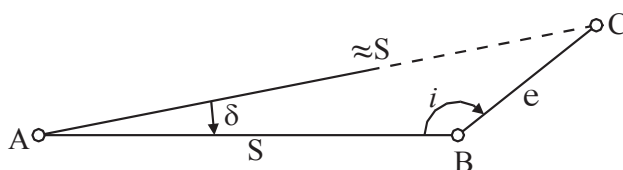
Тука треба да се истакнат уште два извора на грешки.

А) Грешка при сигнализирање на точките

Полигонските точки, како што е речено, се сигнализираат со разни видови на сигнали и со различна точност. При визирањето треба да се настојува значката да се визира што пониско. Меѓутоа, некогаш значката, заради теренските препреки, мора да се визира повисоко, па ако не е вертикална ќе се појави грешка на сигнализирањето e (сл. 10.22.). Истото се случува и при визирање на визурни маркици ако оптичкиот висок не е добро испитан или ако меурот на либелата отстапува.



Сл. 10.22. Визирање на сигнал.



Сл. 10.22. Грешка на визирање.

Влијанието на грешката на сигнализирањето врз грешката на мерениот насока, па и мерениот агол, може да се види од сл. 10.22. Од станицата А треба да се визира точката В, меѓутоа заради невертикалниот сигнал и грешката на сигнализирањето, визирана е точка С, при што се прави грешка на мерениот правец:

$$\sin \delta = \frac{e \cdot \sin i}{S}. \quad (10.8.)$$

Бидејќи синусот на малиот агол е еднаков на вредноста на самиот агол изразен во радијани:

$$\sin \delta = \frac{\delta''}{\rho''} \quad (10.9.)$$

се добива:

$$\delta'' = \rho'' \frac{e}{S} \sin i. \quad (10.10.)$$

Од последниот израз се гледа дека грешката на мерениот насока, која се случува заради грешката на сигнализирањето на точката, освен од големината e , зависи од:

- аголот i , под кој сигналот е закосен во однос на визурната рамнина. Ако $i = 0^\circ$ или $i = 180^\circ$, грешката на сигнализирањето нема да предизвика грешка на мерениот насока. Најголемото влијание на невертикалноста на значката на мерениот насока ако е $i = 90^\circ$ или 270° ќе биде,

$$\delta'' = \rho'' \frac{e}{S}; \quad (10.11.)$$

- должината S .

Тоа не предупредува дека при поставувањето на значката во вертикална положба многу е важно да се контролира вертикалноста на значката во правецот на визурата.

Оваа грешка е обратно пропорционална на должината S . Како големината на грешката на правецот зависи од грешката на сигнализирањето на точката може да се види од таб. 10.1. При составувањето на табелата претпоставено е дека грешката на сигнализирањето изнесува $e = 1$ cm, а аголот $i = 90^\circ$.

Табела 10.1.

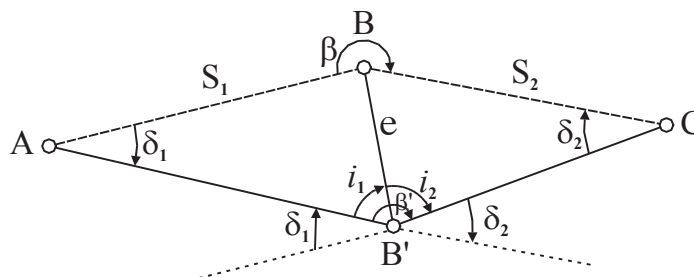
| | | | | | | |
|-----------------|------|-------|-------|------|------|-----|
| $S_{[m]}$ | 250 | 200 | 150 | 100 | 50 | 20 |
| $\delta_{['']}$ | 8,25 | 10,31 | 13,75 | 20,8 | 41,2 | 103 |

Од табелата се гледа дека доколку страните се пократки, грешката на мерениот насока е поголема. Тоа треба да се има предвид при мерење на аглите, па наместо значки како сигнал треба да се користи игла или пенкало. Грешката на аголот ќе биде:

$$m''_{\alpha} = \delta'' \cdot \sqrt{2}. \quad (10.12.)$$

Б) Грешка при центрирање на теодолитот

Теодолитот, како што е спомнато, може да се центрира со помош на: обичен, крут или оптички висок. Различните прибори за центрирање имаат свои гранични вредности преку кои не може да се постигне поголема точност во центрирањето на инструментот. Грешката на центрирањето ќе се одрази на точноста на мерењето на аглите (сл. 10.23.).



Сл. 10.23. Грешка при центрирање на теодолитот.

Од станицата В треба да се мерат правците кон точките А и С, со што би се добила вредноста на аголот β . Меѓутоа, заради грешното центрирање на теодолитот ќе се измери аголот β' . Кога од точката В' ќе се повлечат паралелните линии на ВА и ВС, ќе се добијат аглите δ_1 и δ_2 . Очигледно е дека збирот на аглите:

$$\delta_1 + \delta_2 = \beta - \beta' \quad (10.13.)$$

претставува грешка на мерењето на аглите заради грешното центрирање на инструментот.

Од сликата 10.23. се добива:

$$\begin{aligned} \sin \delta_1 &= \frac{e}{S_1} \sin i_1, \\ \sin \delta_2 &= \frac{e}{S_2} \sin i_2. \end{aligned} \quad (10.14.)$$

Кога во претходните изрази ќе се воведе смената (10.16.), ќе се добие:

$$\begin{aligned} \delta_1'' &= \rho'' \frac{e}{S_1} \sin i_1, \\ \delta_2'' &= \rho'' \frac{e}{S_2} \sin i_2, \end{aligned} \quad (10.15.)$$

односно:

$$\delta_1'' + \delta_2'' = \rho'' \cdot e \cdot \left(\frac{1}{S_1} \sin i_1 + \frac{1}{S_2} \sin i_2 \right). \quad (10.16.)$$

Според изразот (10.16.) грешката на мерењето на аглите, која се случува заради грешното центрирање на теодолитот, ќе зависи од:

- големината на грешката на центрирањето e ;
- аглите i_1 и i_2 кои ексцентрицитетот e ги зафаќа со мерените правци; доколку вредностите им се поблиску до 0° или 180° , тогаш нивното влијание на грешката на мерењето на аглите ќе биде помала, додека, пак, влијанието им е најголемо за вредностите $i_1 = i_2 = 90^\circ$:

$$\delta_1'' + \delta_2'' = e \cdot \rho'' \cdot \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right), \quad (10.17.)$$

- должините S_1 и S_2 ; доколку должините на страните S_1 и S_2 се поголеми, дотолку грешката на мерењето на аглие ќе биде поголема. Зависноста на грешката на мерењето на аглие од должините S_1 и S_2 може да се види и од табелата 10.2. каде што е усвоено дека $e = 1 \text{ cm}$, $i_1 = i_2 = 90^\circ$.

Резултатите кои се прикажани во табелата 10.2. не предупредуваат секогаш да бидеме посебно претпазливи при центрирањето на инструментот кога се мерат агли со кратки страни. За да се намали влијанието на грешката на центрирањето на точноста на мерењето на аглие, се препорачува инструментот меѓу гирусите да се прецентрира. На тој начин мерењата во двата гируса ќе бидат меѓусебно помалку зависни.

Табела 10. 2.

| S_1 [m] \ S_2 [m] | 20 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20 | 3'26" | 2'24" | 2'04" | 1'57" | 1'53" | 1'51" |
| 50 | 2'24" | 1'23" | 1'02" | 0'55" | 0'52" | 0'50" |
| 100 | 2'04" | 1'02" | 0'41" | 0'34" | 0'31" | 0'29" |
| 150 | 1'57" | 0'55" | 0'34" | 0'27" | 0'24" | 0'22" |
| 200 | 1'53" | 0'52" | 0'31" | 0'24" | 0'21" | 0'19" |
| 250 | 1'51" | 0'50" | 0'29" | 0'22" | 0'19" | 0'17" |

10.8.6. Дозволени отстапувања

При мерење на хоризонталните агли мора да се следи процесот на мерењето, навреме да се воочуваат грешките и тие благовремено да се отстрануваат. Квалитетот на извршените мерења може да се проценува во текот на самите мерења на повеќе начини:

- Промена на вредноста на двојната колимациска грешка. Причините за промена на двојната колимациска грешка се прикажани во глава 7. Овде ќе се наведат максималните дозволени промени на двојната колимациска грешка за разни податоци на лимбот (табела 10.3.).

Табела 10.3.

| Податок на инструментот | Дозволено отстапување | | |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------|
| | $2c_{\max} - 2c_{\min}$ | мерен агол ($\Delta\beta$) од: | |
| | | 2 гируса | 3 гируса |
| 1" | 20" | 20" | 10" |
| не поголем од 6" | 30" | 30" | – |
| не поголем од 30" | 90" | 90" | – |

Ако промената на вредноста на двојната колимациска грешка ја премине дозволената граница, дадена во табела 10.3, мерењата во тој гирус мора да се отфрлат и повторат.

- Кога аглите се мерат во два или три гируса се вршат споредувања на редуцираните правци. Ако сите мерења се извршат точно, редуцираните средини меѓусебно се согласуваат. Заради грешките во мерењата, ќе се појават разлики во редуцираните средини. Ако овие разлики не ја преминуваат границата, дадени во табела 10.3., мерењата се усвојуваат како добри и може да се користат за понатамошни пресметувања, во спротивно мерењата мора да се отфрлат и повторат.

10.9. ЕЛАБОРАТ НА ПОЛИГОНСКА МРЕЖА

Напоредно со мерењето на аглите и должините во полигонската мрежа на една катастарска општина, податоците се внесуваат во разни обрасци и скици, што се заедно го сочинува елаборатот на полигонската мрежа.

10.9.1. Скица на полигонска мрежа

Скицата на полигонската мрежа се изработува посебно за секоја катастарска општина, односно посебно за секоја полигонска мрежа која претставува целина. Размерот на цртањето на скицата на полигонската мрежа зависи од големината на територијата која ќе ја покрива полигонската мрежа, како и од густината на полигонските точки. Најчесто размерот на црта-

њето на скицата на полигонската мрежа е 1 : 5000, или 1 : 10000, а поретко 1 : 20000. Подлогата на која се изработува скицата на полигонската мрежа е цртачка хартија со добар квалитет или пластична фолија со димензии 100 x 70 cm или 80 x 50 cm.

Бидејќи на скицата е нанесена и исцртана квадратна мрежа, се испишуваат вредностите на координатите само за надворешните темиња на квадратот, и тоа од левата, долната и десната страна на корисниот простор на листот. Ориентацијата на бројките е во насоката во која растат координатите. На скицата на полигонската мрежа тригонометриските точки се нанесуваат со координати и се исцртуваат со црвен туш*, додека, пак, полигонските точки се нанесуваат со агли и должини и се исцртуваат со црн туш. Дијаметарот на кругот на тригонометриската точка е 2 mm, а полигонските точки 1,5 – 2 mm.

Границата на катастарската општина се нанесува приближно според полигонските точки и се извлекува со зелен туш, со линија чија дебелина е 0,8 mm. Границата меѓу соседни катастарски општини на тромеѓите на катастарските општини, исто така, се извлекува со зелен туш во должина од 3 cm. Во средината меѓу две тромеѓи се испишува називот на соседната катастарска општина. Границата на градежниот реон, ако воедно не е и граница на катастарска општина, се извлекува со жолт туш, со дебелина 0,2 mm. Броевите и номенклатурата на листовите и скиците на детаљот се испишуваат со виолетов туш, како што предвидуваат прописите**.

Скицата на полигонската мрежа се користи и за прегледно и благовремено регистрирање на извршените мерења заради следење на динамиката на извршените работи. На неа се прикажува и планот на пресметувањето на полигонската мрежа. Извршените мерења се изведуваат на следниот начин:

- полигонските страни, измерени на обичен начин, се извлекуваат со црна линија дебела 0,2 mm, а ако страната е мерена со прецизен оптички далечиномер, на средината на страната се извлекува кратка напречна црта со должина од 2 mm;

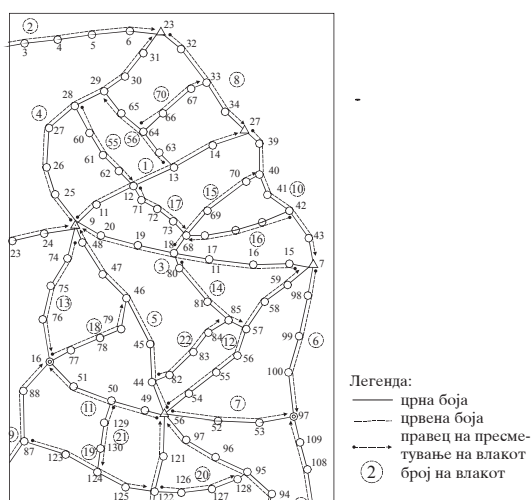
* На фолиите со црн туш.

** Правилник за државен премер, II дел.

- страните, измерени со зголемена точност или со електронски далечиномери, се извлекуваат со црн туш, со дебелина 0,4 mm;
- полигонските точки и страните во тахиметриските влаци се извлекуваат со сепија туш (печена цигла).

10.9.2. План за пресметување на полигонска мрежа

Најнапред мора да се пресметаат координатите на точките во главните влаци, а потоа во споредните (сл. 10.24.). Затоа пред да се започне со пресметување на координатите на полигонските точки, треба да се утврди редоследот на израмнувањето на влаците, т.е. со кој редослед ќе се врши пресметувањето. Редоследот на пресметувањето на влаците се нарекува план на пресметување на полигонската мрежа, кој на соодветен начин се прикажува на скицата на полигонската мрежа. Насоката на пресметување на влаците се назначува со црвена линија со дебелина 0,2 mm, која се извлекува од левата страна на влакот и тоа од почетната точка на влакот кон завршната точка на влакот. Кај почетната точка на влакот се исцртува црвена точка со дијаметар 0,5 mm, а на крајот од линијата се става стрелка.



Сл. 10.24. План на пресметување на полигонска мрежа.

Најнапред се изработува планот на пресметување на главните влаци (влаците на основната мрежа), а потоа споредните влаци (влаците на дополнителната мрежа). Откако за некој влак ќе се исцрта насоката на пресметувањето, тој влак добива свој број. Влаците се нумерираат по катастарски општини. За поголемо место со повеќе катастарски општини, со единствена полигонска мрежа, влаците се нумерираат за целата мрежа еднаш, со редни броеви од 1 па натаму. Откако ќе се направи планот на пресметување и ќе се нумерираат главните влаци, се преминува на споредните влаци. Планот на пресметувањето на споредните влаци се прави по групи на споредни влаци, кои се заокружени во облик на триаголници со главните влаци. При тоа мора да се води сметка споредните влаци да се нумерираат по оној редослед по кој ќе се врши и пресметувањето.

Бројот на влакот се испишува со црвен туш околу средината на влакот, и тоа покрај насоката на пресметувањето, со броеви со висина од 2 mm. Кога ќе се пресметаат координатите на полигонските точки во влакот, бројот на влакот се заокружува со црвен туш.

10.9.3. Регистар на полигонски влаци

Регистарот на полигонски влаци се изработува откако ќе се пресметаат координатите на полигонските точки во тригонометрискиот образец бр. 19.

Регистарот се води по делови според точноста со која се извршени мерењата. Посебно се групираат влаците во кои се вршени мерењата со зголемена точност, посебно влаците кои се мерени со обична точност, а посебно тахиметриските влаци. Во регистарот на полигонските влаци, влаците се воведуваат по аритметички редослед. На почетокот на секој дел регистарот треба детално да ги испита основните податоци за користениот прибор (види прилог 4).

Во регистарот на полигонски влаци се прикажуваат најважните податоци за полигонскиот влак. Доволен е еден поглед на овој регистар за да се стекне впечаток за квалитетот на по-

лигонските влаци во полигонската мрежа. Во него се прикажуваат аголните и линеарните отстапувања во полигонските влаци, како и соодветните дозволени отстапувања.

Регистарот се изработува посебно за секоја група на влаци во кои аглите и должините се мерени по иста метода.

10.9.4. Општ регистар

Општиот регистар служи за полесно користатење на теренските мерени податоци при нивната обработка (прилог 5). Во него се прикажани сите точки кои се користени во една катастарска општина и на кои страни се наоѓаат во теренските обрасци (тригонометриски образец 1, 18, 27 итн.). Во него полигонските и тригонометриските точки се подредени по аритметички редослед од еден па натаму. Врз основа на него лесно може да се пронајде кој било мерен податок, што е многу важно за брзо и сигурно наоѓање на податоците на мерењата при нивната понатамошна обработка. Затоа општиот регистар мора да се води секојдневно, односно истиот ден кога некое мерење е извршено. Ако при мерењата се користени некои полигонски точки од друга катастарска општина, и тие мора да се регистрираат, со тоа што на почетокот на регистарот ќе се запише името на катастарската општина на која припаѓаат полигонските точки, а под него се подредуваат полигонските точки по аритметички редослед. На крајот, како составни делови на елаборатот на полигонската мрежа доаѓаат обрасците во кои се пресметани координатите на полигонските точки (тригонометриски образец број 19, 21), а потоа списокот на координати и надморските височини на точките (тригонометриски образец 25).

11. НИВЕЛМАНСКА МРЕЖА

За земјиштето да се претстави во потполност на плановите и картите, неопходно е покрај хоризонталната да има и вертикална претстава на теренот – *конфигурација*. Теренот на плановите висински се прикажува на два начина.

- Со помош на *изохийси* – криви затворени линии кои спојуваат точки со иста надморска висина. Тие линии на плановите се извлекуваат врз основа на надморските висини на деталните точки, меѓу кои со интерполација се одредуваат местата каде треба да поминат изохипсите.

- Со помош на *надморски висини*, коти на точките (без изохипси). Во хоризонталните и рамните терени скоро да нема изохипси, или, пак, тие се ретки и се со неправилен облик. Во таквите случаи, вертикалната претстава на теренот се прикажува врз основа на испишување на котите на деталните точки кои го карактеризираат теренот во висински поглед (без изохипси).

Како што се гледа, основата за кој било начин на вертикална претстава на теренот ја сочинуваат надморските висини на деталните точки. Претходно беќе е објаснето што се надморски или апсолутни висини, а што се релативни висини, односно висински разлики. Површината на геоидот, односно нулта нивовската површина од која се пресметуваат надморските висини на точките, се поклопува со површината на нивото на идеално мирните мориња и океани, ослободени од влијанието на ветерот, Сонцето и Месечината, без плима и осека. Нивото на идеално мирното море може да се добие од набљудување и мерење на нивото на морето во временски период од многу долга низа на години, што практично е неизводливо.

Наместо нивото на идеално мирното море, се користи средното морско ниво кое се добива како средно ниво на морето за одредена низа на години. Средното ниво на морето, како што е кажано, се одредува со помош на мареограф.

Нормалниот мареографски репер се наоѓа на кејот „Sartorio” во Трст. Неговата надморска висина 3,352 m ја има одредено Геодетската служба на бившата Австроунгарска монархија.

Тој репер послужил како основа за одредување на надморските висини на сите репери во нашата земја. Значи, премерот на нашата земја во висинска смисла се потпира на мрежата на репери, односно на нормалниот репер.

Кога е позната надморската висина на еден репер и висинската разлика меѓу него и некој друг репер (кога ќе се соберат надморската висина и висинската разлика), ќе се добие надморската висина на другиот репер:

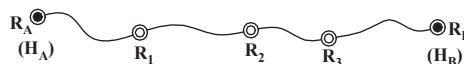
$$H_B = H_A + \Delta H_{A^B}^B. \quad (11.1.)$$

11.1. НИВЕЛМАНСКА СТРАНА, ВЛАК И МРЕЖА

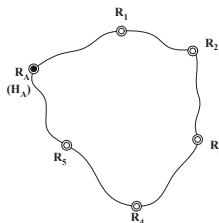
Како што е речено, територијата на нашата земја е прекриена со репери со потребната густина. Висинските разлики меѓу одделни репери се одредени по пат на генерален нивелман. Тука ќе се запознаеме со некои основни поими кои се врзани за нивелманот.

Растојанието меѓу два репери по кое е вршено нивелирање на висинските разлики се нарекува *нивелманска страна*.

Низот на репери кои меѓусебно се поврзани со висински разлики (одредени со генерален нивелман) го сочинуваат *нивелманскиот влак*. За нивелманскиот влак се вели дека е вметнат ако на краевите се потпира на дадени* репери (сл. 11.1.).

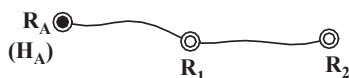


Сл. 11.1. Нивелмански влак.



Сл. 11.2. Зайворен нивелмански влак.

* За репер се вели дека е даден ако е одредена неговата надморска висина.



Сл. 11.3. Слеп нивелмански влак.

Нивелманскиот влак кој тргнува и завршува на ист репер се нарекува *затворен нивелмански влак* или *нивелмански полигон* (сл. 11.2.). Ако нивелманскиот влак почнува од даден репер, а завршува на „слепо”, т.е. со другиот крај не се потпира на даден репер, се вели дека тоа е *слеп нивелмански влак* (сл. 11.3.). „Слепите” нивелмански влаци треба да се избегнуваат, а може да имаат најмногу една или две нивелмански страни.

Повеќе меѓусебно поврзани нивелмански влаци сочинуваат *нивелманска мрежа*.

Нивелманската страна преку која се поврзани два нивелмански полигони се нарекува *врна нивелманска страна*.

Нивелманската мрежа, според формата и точноста со која е измерена, може да биде:

- мрежа на нивелман со висока точност;
- мрежа на прецизен нивелман;
- мрежа на технички нивелман со зголемена точност;
- мрежа на технички нивелман.

Мрежата на нивелманот со висока точност е единствена на територијата на целата наша држава, додека, пак, мрежите на наредните нивелмански редови sukcesивно се потпираат и вметнуваат во мрежите и полигоните од претходните редови. Колку што се оди подалеку мрежите се помали по обемот и по точноста на извршените мерења во нив.

11.2. РЕКОГНОСЦИРАЊЕ НА НИВЕЛМАНСКАТА МРЕЖА

Под рекогносцирање на нивелманска мрежа се подразбира избирање на места на кои ќе се постават реперите. Пред почетокот на рекогносцирањето на нивелманската мрежа мора да

се направи проект на мрежата. Проектот на нивелманската мрежа се изработува на топографски карти со размер $R=1:5000$ и поситни. На картите се вцртуваат реперите при што се води сметка за должините на нивелманските страни, како и за тоа правецот на нивелирање да оди по што поповолен терен.

Со проектот, кој е вцртан на картата, се излегува на терен и се бираат местата на кои ќе се постават реперите, со тоа што се води сметка за следното:

- нивелманските влаци да одат по рамен, цврст и стабилен терен, најдобро покрај сообраќајница (патишта и железници); притоа треба да се води сметка за местото на поминување на нивелманскиот влак преку река;

- влаците да бидат што пократки;

- теренот и објектите, на кои ќе се поставуваат реперите, да бидат стабилни, т.е. да не се подложни на слегнување или на какво било поместување во висинска смисла;

- на реперот лесно да може да се постави летва и да се надоврзе некој влак.

11.3. БЕЛЕГИ – РЕПЕРИ

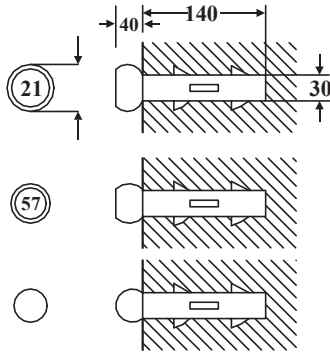
Белегите – репери, главно, се изработуваат од леано железо, ковано железо, бронза, месинг и слично, со различна форма и димензии.

Реперите се всадуваат хоризонтално или вертикално. Тие се всадуваат хоризонтално ако на теренот постои објект кој е погоден за тоа. Не е дозволено да се всадуваат репери во згради од слаб материјал и во нови објекти кои висински сè уште не се стабилизирани.

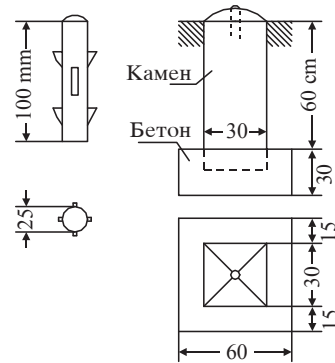
Кога на терен нема погодни објекти, за хоризонтално всадување на реперите се поставуваат специјални камени или бетонски столбови во кои реперите се всадуваат вертикално. Реперите може да се всадат вертикално и во жива карпа, столб на мост, пропуст и др.

Разликуваме два вида на репери:

- репери на кои може да се постави нивелманска летва (сл. 11.4. и 11.5.);
- репери на кои не може да се постави летва, туку се всадуваат рамно со сидот (сл. 11.6.).



Сл. 11.4. *Хоризонтални репери.*



Сл. 11.5. *Вертикални репери.*

Белегите за хоризонтално всадување имаат цилиндрично тело со перки кои се всадуваат во објектот (сид). Надворешниот дел на белегата е со топчест облик. Надморската висина на реперот се однесува на највисоката точка на топчестиот дел на белегата.



Сл. 11.6. *Репери со дупче.*

Белегите за вертикално всадување на реперите се користат како на сл. 11.5. Каменот или бетонскиот столб во кој се всадува реперот се поставува на бетонска плоча со димензии 60x60x30 cm. Покрај главниот репер се всадува и помошен репер покриен со земја, кој се користи доколку главниот се оштети.

Ако белегите се всадени рамно со сидот, тогаш тие на средината имаат дупче во кое може да се вовлече игла за да се за-

качи на неа линијар (сл. 11.6.). Надморската висина на ваквите репери се однесува на центарот на дупчето.

11.4. СТАБИЛИЗАЦИЈА НА НИВЕЛМАНСКИТЕ РЕПЕРИ

При стабилизација (всадување) на реперите треба да се обрне внимание објектот во кој се всадува реперот да биде стабилен во висинска смисла. Ако тој објект (камен столб) е покрај пат треба да се води сметка да не биде подложен на оштетувања или уништување.

Во селата реперите треба да се поставуваат во школите, црквите или некои други стабилни згради. Кога реперот се всадува во столб од бетон или природен камен се поставува вертикално во горната површина на столбот.

Кога реперот се всадува во згради, а на него ќе се поставува летва, треба да се постави 30 – 50 cm од површината на земјата, обично во каменото или бетонското цокле на зградата. Кога цоклето е камено, реперот не смее да се всадува во фугите, туку во самиот камен. Кога цоклето е од цигла, треба да се всади во фугата, така што под него да лежи цела цигла. При всадувањето на реперите треба да се внимава летвата да може да се стави во вертикална положба, а притоа да не пречи никаков детаљ од објектот. На мостовите или пропустите реперот не смее да се постави во обложниот ѕид туку во неговото упориште.

Реперите на кои не се поставува летва се всадуваат на висина од 1,2 – 1,8 m.

По всадувањето на реперите не смее веднаш да се нивелираат, туку мора да се почека тие да се стабилизираат во висинска смисла. Кога реперите се всадуваат во зграда, треба да се чека барем 20 дена до нивелирањето, а ако е всаден во вкопан столб, тогаш може да се нивелира дури во следната сезона.

11.5. НУМЕРИРАЊЕ НА РЕПЕРИТЕ

Реперите на нивелманот со висока точност се нумерираат со римски броеви, а реперите од прецизниот нивелман со арапски броеви за целата територија на државата. Броевите на реперите се излеани во самата белега, а покрај бројот стои ознаката NVT или PN. Реперите од техничкиот нивелман со зголемена точност се нумерираат од последниот број на прецизниот нивелман па понатаму, додека реперите од техничкиот нивелман се нумерираат по катастарски околии (две илки повеќе катастарски општини).

11.6. ОПИС И ПОЛОЖБА НА РЕПЕРИТЕ

Откако реперите ќе се всадат, мора да се земат податоци за нивната положба. Положбата на реперите се опишува во нивелманскиот образец 8 (прилог 6). Тој образец содржи скица на објектот и околниот терен во хоризонтална проекција, начин на стабилизација, детална скица на положбата со цртеж на објектот во кој е всаден реперот и мерењата од рабовите на објектот, во кој е всаден реперот, број на нивелманскиот влак на кој припаѓа реперот, број на реперот, катастарска околија, место и катастарска општина и „викано место“. Освен тоа, се опишува местото на реперот, датумот на поставувањето на реперот и името на стручњакот кој го поставил.

Во поново време наместо скица се користат фотографии на објектите во кои е поставен реперот. На реперот, заради полесно воочување при фотографирањето, се поставува летва или значка.

11.7. МЕТОДИ ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА ВИСИНСКИ РАЗЛИКИ

Висинската разлика меѓу две точки може да се одреди на четири начини:

1. со геометриски нивелман;
2. со тригонометриски нивелман;
3. со хидростатички нивелман;
4. со барометарски нивелман.

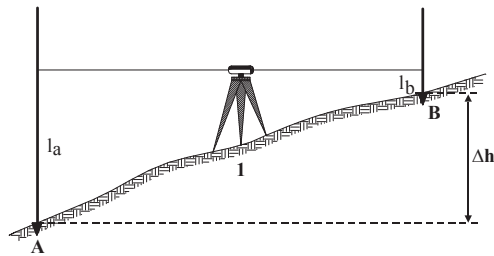
За сите геодетски работи однапред мора да се дефинира точноста на одредување на висинските разлики, а потоа да се изврши избор на соодветната метода за одредување на висинските разлики. Најголема точност за одредување на висинските разлики може да обезбеди геометрискиот нивелман. Точноста која до денеска е постигната е $0,8mm/km$.

Потоа доаѓа хидростатичкиот нивелман кој може, исто така, да обезбеди висока точност на одредување на висинските разлики и, најпосле, тригонометрискиот нивелман кој само под одредени услови може да обезбеди поголема точност на висинските разлики.

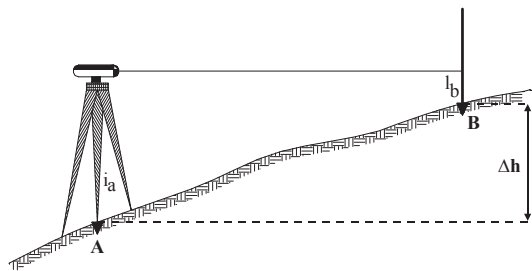
Со барометарскиот нивелман се остварува најмала точност на одредување на висинските разлики која не може да ги задоволи ни најгрубите геодетски работи. Затоа во геодезијата воопшто и не се користи.

11.7.1. Геометриски нивелман

Одредувањето на висинските разлики меѓу две точки на физичката површина на Земјата врз основа на хоризонтална визура се нарекува геометриски нивелман. Хоризонталноста на визурата се обезбедува со помош на нивелмански инструменти. Најчесто нивелманскиот инструмент се наоѓа во средината меѓу две точки (сл. 11.7.), па таквиот начин на одредување на висинската разлика се нарекува „нивелирање од средина“ или, пак, нивелманскиот инструмент се наоѓа над една од точките (сл. 11.8.), па тогаш се вели дека се „нивелира од крај“.



Сл. 11.7. Нивелирање од средина.



Сл. 11.8. Нивелирање од крај.

За одредување на висинските разлики меѓу две точки А и В со нивелирање од средина, нивелманскиот инструмент се поставува над точката 1 која се наоѓа подеднакво оддалечена од точките А и В (сл. 11.7.). На точките А и В вертикално се поставуваат летви, па при хоризонтална визура се читаат поделбите на летвите l_a и l_b . Од разликите на читањата на поделбите се пресметува висинската разлика:

$$\Delta H_A^B = l_a - l_b \text{ или } \Delta H_B^A = l_b - l_a. \quad (11.2.)$$

Пример 11.1: Да се пресмета висинската разлика одредена со нивелирање од средина врз основа на прочитаните вредности на поделбите на летвите:

$$l_a = 1,926 \text{ m}, \quad l_b = 1,046 \text{ m},$$

$$\Delta H_A^B = +0,880 \text{ m}; \quad \Delta H_B^A = -0,880 \text{ m}.$$

Висинската разлика меѓу две точки се одредува со нивелирање од крај (сл. 11.8.), така што над едната точка се поставува

нивелирот и се мери неговата висина, а на другата точка, вертикално, се поставува летва. При хоризонтална визура се чита поделбата на летвата l_b на точката В. Висинската разлика меѓу точките А и В ќе биде:

$$\Delta H_A^B = i_a - l_b, \text{ или } \Delta H_B^A = l_b - i_a. \quad (11.3.)$$

Пример 11.2: Да се определи висинската разлика која е нивелирана од крај ако висината на инструментот е $i_a = 1,62 \text{ m}$, а читањето на поделбата на летвата во точка В изнесува $l_b = 1,276 \text{ m}$.

$$\Delta H_A^B = i_a - l_b = +0,344\text{m}; \quad \Delta H_B^A = l_b - i_a = -0,344\text{m}$$

Како што се гледа, во геометрискиот нивелман, одредувањето на висинските разлики е со едноставни геометриски операции (одземање на читања на поделбите на летвите).

11.7.2. Поделба на геометрискиот нивелман

Геометрискиот нивелман се дели на *генерален* и *детален*.

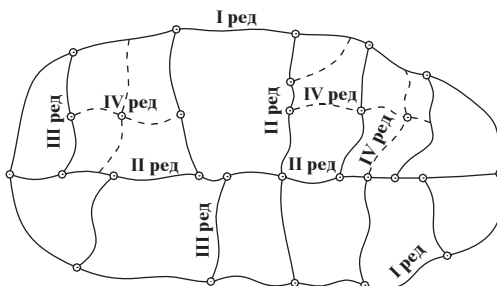
Со генералниот нивелман се одредуваат надморските висини на постојаните геодетски точки (репери) кои се користат како основа за снимање на теренот во висинска смисла.

Со деталниот нивелман се одредуваат надморските висини на деталните точки на физичката површина на Земјата кои го карактеризираат теренот во висинска смисла. Како основа на деталниот нивелман служат реперите чии коти се одредени со генералниот нивелман.

11.7.3. Генерален нивелман

Целата територија на нашата земја е покриена со потребната густина на репери, меѓу кои висинските разлики се одредени со генерален нивелман. Притоа доследно е почитуван принципот „од *поголемо кон помало*". Најнапред се поставени репе-

рите на поголемо растојание, меѓу кои висинската разлика е одредена со најголема точност (сл. 11.9.), потоа реперите на пократко растојание, меѓу кои висинските разлики се одредени со помала точност. Значи, според растојанието меѓу соседните репери и точноста на одредувањето на висинските разлики, генералниот нивелман се дели во четири категории (табела 11.1.).



Сл. 11.9. Нивелманска мрежа.

За да се постигне соодветна точност, со Правилникот е предвидено со кој нивелмански инструмент мора да се врши нивелирањето, т.е. колкава мора да биде осетливоста на либелата, колкаво е зголемувањето на дурбинот, колкава може да биде максималната должина на визурата, максималната разлика на должината на визурата од една станица, како и минималната вредност на читањето на поделбата на летвата (визурата над теренот).

Наведените одредби детално се обработени во табелата 11.2.

Табела 11.1.

| Вид на нивелман | Веројатна случајна грешка по | Растојание во km | | Начин на нивелирање на висинските разлики | |
|---|------------------------------|------------------|--------|---|----------------|
| | | полигони | репери | на станица | нивелм. страна |
| 1. Нивелман со висока точност | $\pm 1 \text{ mm}$ | 250 | 7 - 8 | 2x | напред - назад |
| 2. Прецизен нивелман | $\pm 2 \text{ mm}$ | 75 - 250 | 4 | 2x | напред - назад |
| 3. Технички нивелман со зголемена точност | $\pm 5 \text{ mm}$ | 25 - 75 | 2 | 2x | напред |
| 4. Технички нивелман | $\pm 8 \text{ mm}$ | 25 | 1 | 1x | напред |

Табела 11.2.

| Вид на нивелман | Осетливост на либелата | Зголемување на дурбинот | Максимална | | Минимална оддалеченост на визурата од теренот |
|---|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---|
| | | | должина на визурата [m] | разлика на должината на визурата [m] | |
| 1. Нивелман со висока точност | 5" - 10" | 40 | 25 - 35 (50) | 1 | 0,6 - 0,7 |
| 2. Прецизен нивелман | 5" - 10" | 35 - 40 | 35 - 40 (65) | 1 | 0,5 |
| 3. Технички нивелман со зголемена точност | 10" - 15" | 25 - 36 | 50 - 60 | 1 - 2 | 0,3 |
| 4. Технички нивелман | 15" - 20" | 20 - 30 | 60 - 80 | 2 - 3 | 0,3 |
| 5. Детален нивелман | 20" - 40" | до 20 | 100 - 130 | 3 | - |

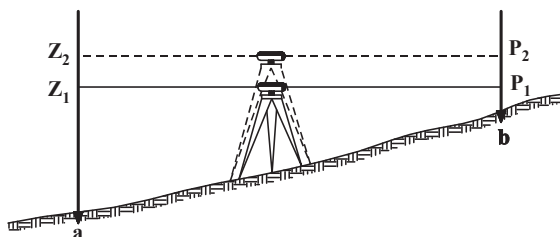
Тука е важно да се истакне дека работите во нивелманот од пониска точност може да користат нивелири наменети за работи од поголема точност, но обратното не е дозволено. Користењето на нивелирите кои обезбедуваат поголема точност од бараната нема економско оправдување затоа што со таквите инструменти се работи споро. Според тоа, се препорачува за нивелирање во одредена категорија на нивелман да се користат инструменти наменети за работи со тој вид на нивелман.

Кај нивелманот со висока точност и прецизниот нивелман се води сметка за закривеноста на Земјата, па тие работи спаѓаат во областа на вишата геодезија. Меѓутоа, кај техничкиот нивелман со зголемена точност и кај техничкиот нивелман, Земјината површина се смета за рамнина, па тие спаѓаат во областа на геодезија каде што висината не се утврдува со голема точност, како на пример во катастарот.

11.7.4. Мерење на висински разлики во генералниот нивелман

Во генералниот нивелман висинските разлики се одредуваат исклучиво со нивелирање од средина. Правилникот за изведување на нивелманот предвидува секоја висинска разлика да се одредува од една станица во техничкиот нивелман со зголемена точност и мора да се одреди по двапати (види табела 11.1. и 11.2.).

Одредувањето на две вредности на една иста висинска разлика од една станица може да се изврши на повеќе начини:



Сл. 11.10. Нивелирање со промена на висината на инструментот.

Промена на висината на инструментот (сл. 11.10.). Висинската разлика од една станица се одредува врз основа на разликата на читањето на поделбите на летвите. Потоа се променува висината на инструментот (нозете на стативот се нагазнуваат или се собираат), па повторно се одредува висинската разлика меѓу истите врзни точки. Доколку овие две висински разлики се совпаѓаат во границите 1 – 3 mm, мерењата се добри, а за дефинитивна вредност на висинската разлика се усвојува аритметичката средина. Редоследот на читањата на поделбата на летвите е следна: задна летва, предна летва, се променува висината на инструментот, предна летва, задна летва. Таквиот редослед на читања е усвоен за да се намали влијанието на слегнувањето на нивелирот и на папучите. Нека е:

- читањето Z_1 е оптоварено со грешка t заради слегнување;
- читањето P_1 е оптоварено со грешка $2t$ заради слегнување;
- читањето P_2 е оптоварено со грешка $3t$ заради слегнување;
- читањето Z_2 е оптоварено со грешка $4t$ заради слегнување.

Висинската разлика одредена со првата висина на инструментот ќе биде:

$$\Delta h' = (Z_1 - P_1) + (t + 2t) = Z_1 - P_1 - t. \quad (11.4.)$$

По промената на висината на инструментот ќе се добие:

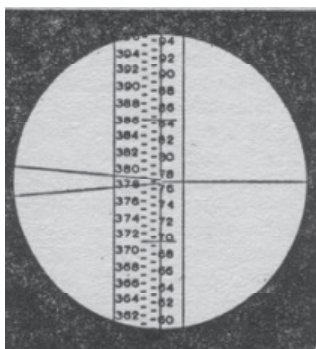
$$\Delta h'' = (Z_2 - P_2) + (4t - 3t) = Z_2 - P_2 + t. \quad (11.5.)$$

Во дефинитивната висинска разлика:

$$\Delta h = \frac{\Delta h' + \Delta h''}{2} = \frac{1}{2} \{ (Z_1 - P_1) + (Z_2 - P_2) \}, \quad (11.6.)$$

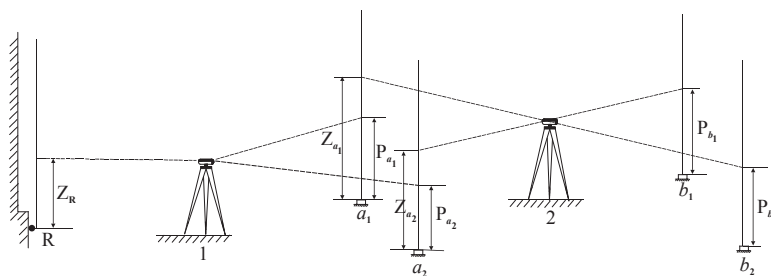
се поништува влијанието на слегнувањето на инструментот и папучите. Начинот на нивелирање на висинските разлики, со промената на висината на инструментот, е доволно спор и се користи кога не може да се примени некој друг брз начин.

Со помош на левви со двојна поделба. Кај овие левви постои двојна поделба (сл. 11.11.). Основната поделба почнува од почетокот на летвата па нагоре, додека, пак, другата поделба во однос на основната поделба е „поместена“ за константна вредност која се нарекува константа на летвата. Применувајќи ги леввите со двојна поделба, побргу се нивелира отколку со промена на висината на инструментот. Редоследот на читањата на летвата е следниот: задна летва – прва поделба Z_1 , предна летва – прва поделба P_1 , предна летва – втора поделба P_2 , задна летва – втора поделба Z_2 . Објаснувањето за ваквиот редослед на читање е исто како и кај нивелирањето со промената на висината на инструментот.



Сл. 11.11. Левва со двојна поделба.

Покрај контролата на двете добиени висински разлики кои меѓусебно треба да се согласуваат, тука постои и контрола на разликата на читањата на двете поделби на летвата која треба да е постојана и еднаква на константата на летвата.



Сл. 11.12. Нивелирање со двојни врзни точки.

Нивелирање со двојни врзни точки (сл. 11.12.). На теренот се поставуваат, една покрај друга, две врзни точки или, пак, се користат папучи со два репера. Редоследот на читањата мора да биде таков што ќе одговара на насоката на движењето на стрелките на часовникот. На пример, од станицата 2, одејќи во насоката на движењето на стрелките на часовникот, се читаат летвите по ред: десната задна летва Z_1 , предната летва P_1 , предната десна летва P_2 , левата задна летва Z_2 . На крајот, врз основа на разликите на зборовите на читањата на задните и предните летви, ќе се добијат две вредности за нивелираната висинска разлика:

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= [Z_1] - [P_1] \\ \Delta H_2 &= [Z_2] - [P_2] \end{aligned} \quad (11.7.)$$

а за дефинитивна вредност се усвојува аритметичката средина.

Може да се каже дека во текот на нивелирањето нема контроли на висинските разлики кои се нивелирани од една станица.

Меѓутоа, пар на врзни точки кои на едната станица биле предни, на следната стануваат задни, па разликите во читањата на летвите на тие врзни точки од две соседни станици мора да биде иста.

11.8. НИВЕЛМАНСКИ ИНСТРУМЕНТИ

Висинските разлики во геометрискиот нивелман, како што е веќе речено, се одредуваат при хоризонтална визура. Одредувањето на висинските разлики со хоризонтална визура дава најточни резултати. Затоа геометрискиот нивелман е незаменлив кога се бара висока точност на одредувањето на висинските разлики и надморски висини.

Одредувањето (мерењето) на висинските разлики во геометрискиот нивелман се врши со помош на посебни инструменти – *нивелири*. Нивелманските инструменти со соодветна точност ја обезбедуваат хоризонталноста на визурата.

Визурата се доведува во хоризонтална положба со помош на цевчеста либела или автоматски со помош на компензационски уреди. Според тоа, нивелманските инструменти се делат на:

- нивелири со цевчести либели;
- нивелири со компензатори.

11.8.1. Нивелмански инструменти со либела

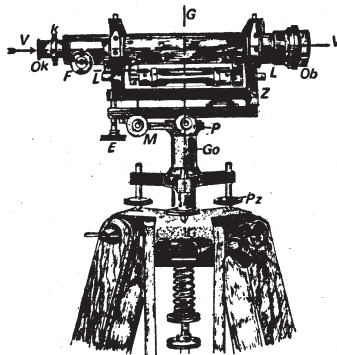
Кај овие инструменти се користи цевчеста либела за доведување на визурата во хоризонтална положба. Точноста на доведувањето на визурата во хоризонтална положба зависи од осетливоста на либелата. Кај нивелирите кои имаат либела со поголема осетливост, визурата може поточно да се доведе во хоризонтална положба отколку кај нивелирите кои имаат либела со помала осетливост. Според тоа, нивелирите со либели со поголема осетливост се користат за прецизни работи, додека, пак, нивелирите со либела, која е помалку осетлива се користат за помалку прецизните работи.

За да се искористи ефикасно точноста на хоризонтирањето на визурата, одредената осетливост на либелата мора да ја следи соодветно зголемување на дурбинот. Имено, нивелирите со поголема осетливост на либелата мора да имаат дурбини со поголемо зголемување, и обратно, односно, овие две големини мора да бидат усогласени. Согласноста на осетливоста на либе-

лата и зголемувањето на дурбинот јасно се гледа од табелата 11.2. каде што овие вредности се прикажани во зависност од точноста која мора да се постигне при нивелирањето.

Основни делови на нивелирот (сл. 11.13.) се дурбин и цевчеста либела. За да може дурбинот хоризонтално да ротира, со помош на носачите на дурбинот е поврзан со главната осовина на дурбинот (GO) или главната оска. Главната осовина на нивелирот е тело со цилиндричен облик, а правата која се поклопува со оската на цилиндарот се нарекува главна оска (GG)*.

За да се намести меурот на либелата да врвуну, исто како и кај теодолитите, постојат три положбени винтови (PZ). Грубото доведување на вузурата во хоризонтална положба се остварува со помош на центричната либела, а финото со помош на цевчестата либела. Цевчестата либела мора да врвуну кога се вршат читања на летвата. Затоа, при секое читање на поделбата на летвата, меурот на цевчестата либела мора да врвуну. Ова се постигнува со помош на *елевациониот* винт (E), а ако него го нема, со помош на положбениот винт, кој е во насока на дурбинот. Можноста за закосување на дурбинот со помош на елевациониот винт мора да биде толкава за да може при врвунување на меурот на центричната либела да се намести меурот на цевчестата либела, која се наоѓа на дурбинот, да врвуну во која било положба на дурбинот.



Сл. 11.13. Нивелмански инструменти (нивелир).

* Наместо алхидадината осовина и оска (кои постојат кај теодолитите), нивелманските инструменти имаат главна осовина и оска.

Меурот на либелата кај старите и помалку прецизните нивелири се набљудува со голо око или преку огледала, додека кај нивелирите се нова конструкција, како и кај прецизните нивелири, набљудувањето се врши преку коинциденц – призми. Кај некои нивелири во видното поле на дурбинот, преку коинциденц – призми, краевите на меурот на либелата се доведени така што без поместување на окото од окуларот истовремено да може да се чита поделбата на летвата и да се контролира врвунето на меурот на либелата. Тоа, секако, има значајни предности како во поглед на точноста на нивелирањето, така и во поглед на економичноста при нивелирањето во однос на набљудувањето на меурот со голо око.

Дурбинот на нивелирите е ист како и кај теодолитите. Тој се ротира хоризонтално заедно со носачите на дурбинот и главната осовина, а се фиксира со помош на кочницата (P). За фино хоризонтално поместување на дурбинот се користи микрометарски винт (M), кој дејствува по затегнувањето на кочницата. Описот и функцијата на овие винтови е ист како и кај теодолитите. Нивелирите со постара конструкција имаат дурбини кои може да се вадат од своите лежишта, потоа да се завртат за 180° , односно објективот и окуларот може да ги заменат своите места. Тие нивелири имаат проста и реверзиона цевчеста либела, врзана за носачите на дурбинот или за дурбинот. Денеска таквите нивелири не се користат, па нема детално да се разработуваат.

Во практика најмногу се користат нивелири кои имаат проста или реверзиона либела врзана за дурбин. Тие често се врзани за носачите на дурбинот или, пак, можат да се ротираат во лежиштето околу надолжната оска на дурбинот. Овие инструменти се делат во две групи:

- нивелири со дурбин, кој е цврсто врзан за носачите на дурбинот и со проста цевчеста либела врзана за дурбинот, со елевационен винт или без него;

- нивелири со дурбин, кој може да ротира во лежиштето околу надолжната оска на дурбинот и реверзиона либела врзана за дурбинот. Овие дурбини имаат елевационен винт.

А) Испитување и ректификација на нивелириите

Пред употреба нивелманските инструменти мора да се испитаат и, по потреба, ректифицираат. Постојат неколку услови кои мора да бидат исполнети за да може нивелманскиот инструмент да ја обезбеди хоризонталноста на визурата. Редоследот на испитувањето на условите и ректификацијата зависат од видот на нивелирот, односно од неговите конструктивни особини.

Нивелири со дурбин цврсто врзан за носачиите

Овој тип на нивелири може да биде со елевационен винт или без него. Од тоа зависи редоследот на испитувањето на условите кои мора да ги задоволи нивелманскиот инструмент.

а) Нивелири без елевационен винт

Прв услов. Оската на цевчестата либела на дурбинот мора да биде нормална на главната оска на нивелирот. Овој услов се испитува на ист начин како условот на нормалноста на оската на либелата со алхидадината оска кај теодолитите.

- Либелата на дурбинот се поставува во насока на два положбени винтови и со помош на нив се доведува меурот на либелата да врвнуи.

- Дурбинот го завртуваме околу главната оска за 180° , така што либелата повторно да дојде во насока на двата положбени винтови и се контролира дали меурот на либелата врвнуи. Ако меурот на либелата врвнуи, условот на нормалноста на оската на либелата и главната оска е задоволен. Во случај меурот на либелата да отстапува, тоа е, како кај теодолитите, двојно отстапување. Половината од отстапувањето се случува поради тоа што оската на либелата не е нормална на главната оска на нивелирот, а другата половина заради тоа што главната оска не е вертикална. Согласно со настанатото отстапување, нивелирот се ректификува така што половината од отстапувањето на меурот на либелата се поништува со помош на положбените винтови, со што главната оска се доведува во вертикална рам-

мнина во тој насока, а другата половина од отстапувањето се поправа со помош на корекционите винтови на либелата.

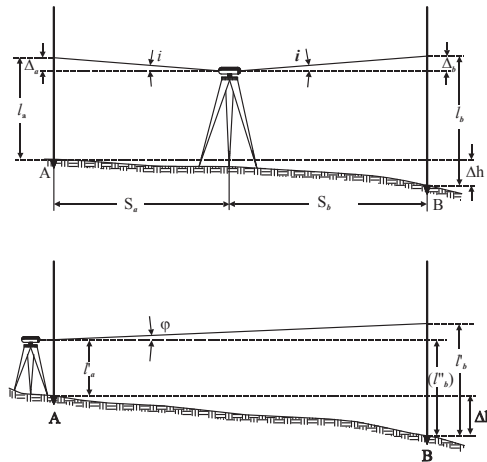
Веројатно, со една постапка на испитување нема во потполност да се изврши ректификацијата. Затоа испитувањето, по потреба се повторува повеќе пати. Кога ректификацијата е завршена, дурбинот се завртува за 90° , па целото отстапување се поништува со третиот положбен винт, со што главната оска е доведена во вертикална положба.

Втор услов. Визурата мора да биде паралелна со оската на либелата. Овој услов се испитува со нивелирање од средина и од крај.

- На рамен и хоризонтален терен (сл. 11.14.) се поставува нивелир над точката 1, а на еднакво растојание (40 – 50 m) од нивелирот се поставуваат две летви на точките А и В. Со нивелирање од средина се одредува висинската разлика меѓу крајните точки А и В. Оваа висинска разлика ќе биде ослободена од влијанието на непаралелноста на визурата со либелината оска:

$$\Delta h = l_a - l_b.$$

Да претпоставиме дека не е паралелна со либелината оска, па кога меурот на либелата врвни, визурата со хоризонталната рамнина зафаќа агол i .



Сл. 11.14. Испитување на вториот услов.

Според тоа, читањата на поделбата на летвата ќе бидат грешни за вредностите:

$$\Delta_a = S_a \cdot i,$$

$$\Delta_b = S_b \cdot i.$$

Кога нивелирот е поставен во средината меѓу точките А и В ($S_a=S_b$), грешката на читањето на поделбата на летвата (Δ_a и Δ_b) ќе биде иста ($\Delta_a = \Delta_b$). Висинската разлика:

$$\begin{aligned} \Delta h &= (l_a - \Delta_a) - (l_b - \Delta_b) = (l_a - l_b) - \\ &\quad - (\Delta_a - \Delta_b) = (l_a - l_b) \end{aligned} \quad (11.8.)$$

ќе биде ослободена од влијанието на непаралелноста на оската на либелата и визурата затоа што $\Delta_a - \Delta_b=0$. Оваа висинска разлика треба да се одреди уште еднаш со промена на висината на инструментот за да бидеме сигурни во нејзината вредност. Доколку тие две вредности не се разликуваат повеќе од 2 до 3 mm, за дефинитивна вредност се усвојува нивната аритметичка средина. Ако, пак, се појави поголема разлика, мора повторно да се промени висината на инструментот и да се одреди висинската разлика.

- Нивелирот го местиме на крај, 3 – 4 m зад точката А (обично над повисоката точка), летвата се визира и меурот на либелата се мести да врвни. Потоа се прочитува поделбата на летвата l'_a и l'_b и се пресметува висинската разлика:

$$\Delta h' = l'_a - l'_b, \quad (11.9.)$$

која ќе биде оптоварена со влијанието на непаралелноста на оската на либелата и визурата. Грешката на читањето на поделбата на летвите во точките А и В, кои се појавуваат заради тоа, нема да бидат еднакви, туку грешката на читањето на поделбата на поблиската летва ќе биде толку мала што може да се занемари, па целокупната грешка на висинската разлика се појавува поради грешката на читањето на поделбата на летвата, кое би се добило на оддалечената летва кога визурата би била хоризонтална:

$$l''_b = l'_a + \Delta h, \quad (11.10.)$$

на тој начин што на читањето на поделбата на поблиската летва, кое се усвојува како точно, ќе се додаде средната вредност на висинската разлика добиена при нивелирање од средина. Со поместување на кончаничниот прстен горе – долу, со помош на соодветните корекциони винтови, се мести средната хоризонтална црта на кончаницата да го погодува пресметаното читање на поделбата l_b'' . Со тоа ректификацијата е завршена. Потребно е да се истакне големата важност на испитувањето на овој услов кој овозможува визурата да се доведе во хоризонтална положба.

Пример 11.3: Заради испитување и ректификација на условот на паралелност на либелината оска и визурата, кај нивелирот со неподвижен дурбин, најнапред се нивелира од средина и се променува висината на инструментот:

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| I висина | II висина |
| $l_b=1,763\ m$ | $l_b=1,765\ m$ |
| $l_a=1,132\ m$ | $l_a=1,132\ m$ |
| $\Delta h_1=0,631\ m$ | $\Delta h_2=0,633\ m$ |
| $\Delta h=0,632\ m$ | |

а потоа од крај:

$$l_b' = 1,799m \quad \text{на пооддалечената летва;}$$

$$l_a' = 1,152m \quad \text{на поблиската летва;}$$

$$\Delta h' = 0,647m.$$

Како што се гледа, условот не е задоволен. Читањето кое треба да се намести со хоризонталната црта на кончаницата на пооддалечената летва за да се изврши ректификацијата изнесува:

$$l_b'' = l_a' + \Delta h = 1,152 + 0,632 = 1,784m.$$

Трет услов. Кога главната оска на нивелирот е вертикална, „хоризонталната“ црта на кончаницата мора, навистина, да биде во хоризонтална положба. Заради испитување на овој услов, потребно е при хоризонтална визура да се навизира некој сид и на него да се забележи некоја точка која лежи на „хоризонталната“ црта на кончаницата. Потоа дурбинот хоризон-

тално го поместуваме со помош на микрометарскиот винт и следиме дали „хоризонталната“ црта на кончаницата се лизга по воочената точка. Ако „хоризонталната“ црта на кончаницата отстапува од воочената точка, потребно е да се отпушти советниот винт на прстенот на кончаницата, а потоа кончаницата се ротира сè додека условот не се задоволи.

За нивелирите кај кои не може да се врши ректификација на овој услов, производителот на нивелирот гарантира дека условот е исполнет. И покрај тоа, потребно е да се изврши контрола на условот, па ако условот не е исполнет и ако не постои можност за ректификација, таквиот нивелир не е за употреба.

б) Нивелир со елевационен винт

Условите кои треба да ги исполнат нивелманските инструменти со цврсто врзан дурбин и со елевационен винт се исти како и кај нивелирите без елевационен винт. Меѓутоа, редоследот на испитувањето и ректификацијата на првите два условия битно се разликуваат од редоследот на испитувањето и начинот на ректификацијата кај нивелирите без елевационен винт.

Прв услов. Оската на либелата на дурбинот мора да биде паралелна со визурата. Овој услов се испитува на потполно ист начин како и кај нивелирите без елевационен винт. Меѓутоа, наведувањето на визурата на пресметаното читање на поделбата на пооддалечената летва се врши со фино закосување на дурбинот со помош на елевациониот винт. Притоа меурот на либелата на дурбинот ќе отстапи, па целото отстапување на меурот на либелата на дурбинот се поништува со помош на корекционите винтови на либелата, со што ректификацијата е завршена.

Втор услов. Оската на либелата на дурбинот мора да биде нормална со главната оска на нивелирот. За да се испита овој услов (бидејќи претходно меурот на цевчестата либела е доведен да врвни), потребно е:

- Дурбинот со либелата да се доведе во насока паралелен со правецот на двата положбени винта и со помош на нив се доведува меурот на либелата на дурбинот да врвни.

- Дурбинот се завртува за 180° , па ако меурот отстапува, тоа отстапување, како што се знае, се случува заради две причини,

половината заради невертикалноста на главната оска, а половината заради ненормалност на оската на либелата и главната оска. Согласно на тоа, едната половина од отстапувањето на меурот на либелата се поништува со помош на положбените винтови, а втората половина со помош на елевациониот винт. Кога условот е задоволен, на елевациониот винт треба да се обележи една црта која ќе претставува негова нулта положба. При работата е потребно елевациониот винт секогаш да се враќа во нултата положба за да не дојде до деректификација на овој услов.

Трет услов. Се испитува и ректифицира на истиот начин како кај нивелирите без елевационен винт.

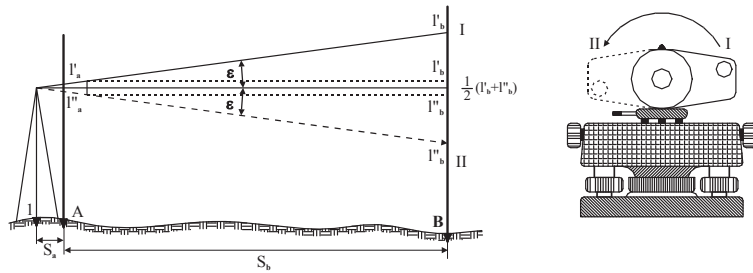
Нивелириите со дурбин можат да се роцираат во лежиштето околу надолжната оска на дурбиноа со реверзиона либела врзана за дурбиноа и елевациониот винт.

Овие нивелири често се користат во практика, а се наменети, главно, за нивелирање во техничкиот нивелман и техничкиот нивелман со зголемена точност. Тие мора да ги задоволат следниве услови:

Прв услов. Неопходно е визурата да се поклопува или да е паралелна со надолжната оска на дурбинот, односно оската на надолжната ротација на дурбинот. Оваа оска накратко ќе ја наречеме оска на дурбинот. Познато е дека визурата е права која поминува низ пресекот на конците и оптичкиот центар на објективната леќа. Оптичкиот центар на објективната леќа во не може да се поместува затоа што објективната леќа е врзано цврсто во лежиштето. Ако оптичкиот центар на објективната леќа лежи на оската на дурбинот може со ректификација визурата да се поклопува со таа оска. Ако оптичкиот центар на објективната леќа е надвор од оската на дурбинот, со ректификација може визурата да ја неместиме да биде паралелна со оската на дурбинот.

Однапред не се знае кој случај ќе се појави при испитувањето на овој услов. Затоа испитувањето на овој услов се спроведува на начин со кој ќе се обезбеди ректификација на нивелирот без разлика на тоа кој од наведените случаи ќе се појави.

Нивелирот се поставува на станица 1, на рамен терен на растојание 3 – 4 m се забодува колец А, а на 50 – 60 m колец В (сл. 11.15.). На точките А и В се држат летви во вертикална положба. Сега во првата положба на дурбинот, кога реверзионата либела се наоѓа од долната страна на дурбинот, се врши првото читање на поделбата на летвите во точката А (l'_a), а потоа на точката В (l'_b). Потоа дурбинот го ротираме околу оската за 180° така што либелата да дојде над дурбинот. Во таа положба повторно се читаат поделбите на летвите во точките А и В (l''_a и l''_b).



Сл. 11.15. Испитување на џрвиој услов.

Разликата на читањата на поделбата на летвата на блиската точка А во двете положби на дурбинот:

$$\Delta l_a = l'_a - l''_a \quad (11.11.)$$

се појавува заради непоклопувањето на оптичкиот центар на објективната леќа и оската на дурбинот, додека, пак, разликата на читањето на поделбите на летвите во двете положби на дурбинот на пооддалечената летва, покрај наведената причина, се појавува и заради непаралелноста, односно непоклопувањето на оската на дурбинот и визурата. Кога ќе се пресмета разликата Δl_a , може да се пресмета вредноста на поделбата на летвата во точката В, која би одговарала на положбата на визурата кога таа би била паралелна или би се поклопувала со оската на дурбинот:

$$\overline{l''_b}; \overline{l'_b} = \frac{l'_b + l''_b}{2} \pm \frac{l'_a - l''_a}{2}. \quad (11.12.)$$

Доколку оптичкиот центар на објективната леќа лежи на оската на дурбинот, читањето на поделбата на летвата во двете положби на дурбинот, на блиската летва, би била иста, односно разликата (11.11.) би била нула, па за изразот (11.12.) би се добило:

$$l_b = \frac{l'_b + l''_b}{2} = \bar{l}_b = \bar{l}'_b. \quad (11.13.)$$

Опишаниот услов се ректифицива така што се поместува кончаничниот прстен со помош на двата вертикални корекциони винтови сè додека средната црта на кончаницата не се постави така што со помош на неа да се чита поделбата на летвата која е пресметана според изразот (11.12.), односно (11.13.). Ректификацијата треба да се изведува сè додека не се постигне за двете летви да се добие иста разлика на читањето на нивните поделби во двете положби на дурбинот.

Пример 11.4: При испитувањето на условот на паралелноста, односно поклопувањето на визурата и оската на дурбинот, извршено е читање на поделбите на блиската и пооддалечената летва за да изврши ректификација.

$$\begin{aligned} \text{а) } l'_a &= 1,563m & l'_b &= 1,876m \\ l''_a &= 1,559m & l''_b &= 1,860m \\ \\ l'_a - l''_a &= +4mm & \frac{l'_b + l''_b}{2} &= 1,868m, \\ \frac{1}{2}(l'_a - l''_a) &= +2mm, & \bar{l}'_b &= 1,870m, \\ & & \bar{l}''_b &= 1,866m. \\ \text{б) } l'_a &= 1,492m & l'_b &= 1,742m \\ l''_a &= 1,500m & l''_b &= 1,730m \\ \\ l'_a - l''_a &= -8mm & \frac{l'_b + l''_b}{2} &= 1,736m, \\ \frac{1}{2}(l'_a - l''_a) &= -4mm, & \bar{l}'_b &= 1,740m, \\ & & \bar{l}''_b &= 1,732m. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{в) } l'_a &= 1,582m & l'_b &= 1,938m \\ l''_a &= 1,582m & l''_a &= 1,926m \\ l'_a - l''_a &= 0 & l &= \frac{l'_b + l''_b}{2} = 1,932m. \end{aligned}$$

Во наведените примери секогаш се дадени две вредности на пресметаните вредности \bar{l}'_b и \bar{l}''_b . При поместување на кончаницата треба да се мести она пресметано читање на поделбата на летвата кое е поблиску на моменталната положба на визуирата.

Втор услов. Оската на либелата мора да биде паралелна со оската на дурбинот. За да се испита овој услов потребно е:

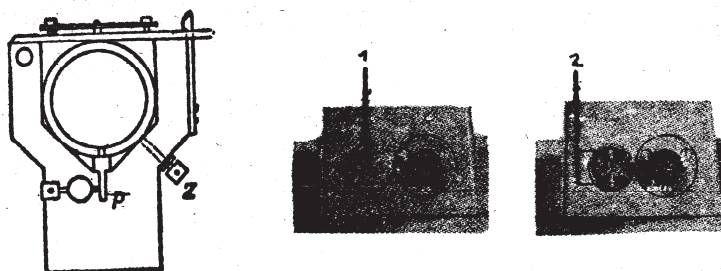
- Дурбинот да се постави во правецот на двата положбени винта и со помош на нив да се доведе меурот на либелата да врвуну, во првата положба на дурбинот кога либелата е под дурбинот.

- Дурбинот да се заврти околу обртната оска за 180° , во втора положба, т.е. либелата да биде од горната страна. Ако во оваа положба на дурбинот меурот на либелата врвуну, наведениот услов на паралелноста е исполнет. Ако меурот на либелата отстапува, тоа отстапување, како што се знае, потекнува од две причини, едната половина на отстапувањето се случува заради нехоризонталноста на обртната оска, а другата половина заради непаралелноста на либелината оска и оската на дурбинот. За да се ректифицира условот, потребно е едната половина од отстапувањето да се поништи со помош на корекционите винтови на либелата, а другата половина со помош на елевациониот винт. Таквата постапка треба да се повторува сè додека ректификацијата не се изврши во потполност.

Бидејќи оската на дурбинот, на опишаниот начин, е доведена во хоризонтална положба, потребно е дурбинот да се ротира околу оваа оска за 90° . Сега корекционите винтови на либелата, кои инаку стојат хоризонтално, ќе заземат вертикална положба. Со помош на овие винтови треба да се поништи целокупното отстапување на меурот на либелата. На тој начин, оската на либелата е поставена во хоризонтална положба, односно паралелна е со оската на дурбинот, со што е завршена ректификацијата.

Трети услов. Оската на либелата треба да биде нормална на главната оска. Овој услов се испитува и ректифицива на потполно ист начин како и кај нивелирите со цврсто врзан дурбин и со елевационен винт.

Четирти услов. Хоризонталната црта на кончаницата да биде навистина хоризонтална, а се испитува на начинот којшто е објаснет претходно. За да се ректифицива овој услов, потребно е малку да се ротира целот дурбин околу оската на дурбинот. Кај поголемиот број на нивелири од овој тип постои мало јазиче Р, со чија помош со соодветните корекциони винтови може да се изврши ректификација (сл. 11.16.).



Сл. 11.16. Корекциони винтови на кончаницата.

11.8.2. Нивелири со автоматско хоризонтирање на визурата

Како што е речено, кај класичните нивелири визурата во хоризонтална положба се поставува со помош на либела. Точноста на доведувањето на визурата во хоризонтална положба зависи од осетливоста на либелата и влијанието на надворешните фактори кои дејствуваат на неа, како што се: температурата, вибрациите итн.

Врвнуењето на меурот на либелата е многу тешко да се констатира посебно кога се работи на меко и растресито земјиште. При нивелирањето се можни груби грешки (особено кај почетниците) кога се чита поделбата на летвата, а претходно не е проверено дали меурот на либелата врвнуи. Постојаното мesteње на меурот на либелата да врвнуи одзема време и го заморува операторот, што неповолно влијае на ефектот на работата, експедитивноста и економичноста. Тој недостаток е от-

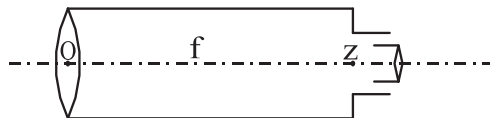
странет кај современите нивелири кај кои наместо либела е вграден компензаторски уред, кој автоматски ја доведува визурата во хоризонтална положба.

Главната оска на нивелирот се доведува приближно во вертикална положба со помош на центрична либела. Уредот кој ја има преземено функцијата на либелата се нарекува *компензатор*.

Изработката на нивелирите со автоматско доведување на визурата во хоризонтална положба претставува прв успех на обидот за автоматизација во геодезијата.

А) Принципи на работата

Ќе земеме случај кога оската на дурбинот е хоризонтална (сл. 11.17.). Кончаницата Z се наоѓа на фокусното растојание на комбинираната објективна леќа. Поништувањето на кончаничната паралакса се постигнува со помош на внатрешно фокусирање, т.е. со поместување на аналитичката леќа. Бидејќи дурбинот е хоризонтален и визурата ќе биде хоризонтална, па читањето на поделбата на летвата ќе биде исправно.



Сл. 11.17. Дурбин.

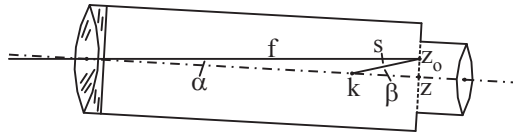
Ако од која било причина дојде до закосување на дурбинот за агол α , тогаш и оската на дурбинот ќе се закоси за ист агол. И покрај тоа, за да се добие исправно читање на поделбата на летвата, т.е. читање со хоризонтална визура можни се две решенија:

- да се помести пресекот на конците на кончаницата додека тој не дојде во хоризонтална рамнина со оптичкиот центар на објективната леќа (сл. 11.18.), т.е. додека визурата повторно не биде хоризонтална; или:

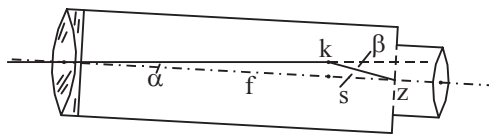
- да се промени правецот на визурата било при минувањето низ дурбинот или при излегувањето од дурбинот, така што визурата да биде хоризонтална, додека, пак, кончаницата да

остане неподвижна (сл. 11.19.). Според тоа, од аспект на начинот на доведувањето на визурата во хоризонтална положба, компензаторите ги делиме во две групи:

- компензатори со подвижна кончаница (сл. 11.18.),
- компензатори со неподвижна кончаница (сл. 11.19.).



Сл. 11.18. Компензатор со подвижна кончаница.



Сл. 11.19. Компензатор со неподвижна кончаница.

Поместувањето на пресекот на конците на кончаницата или промената на правецот на визурата се постигнува со помош на посебен уред кој се нарекува *компензатор*.

Растојанието од компензаторот до кончаницата да го означиме со S , а аголот на свртувањето на зракот, односно поместувањето на кончаницата со β (сл. 11.18.) и (сл. 11.19.). За да може компензаторот да дејствува мора да биде исполнета равенката:

$$f \cdot \alpha = S \cdot \beta, \quad (11.14.)$$

односно:

$$K = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{f}{S}. \quad (11.15.)$$

Количникот, даден со изразот (11.15.), се нарекува коефициент на компензацијата. Вредноста на коефициентот на компензацијата кај различни инструменти може да биде различна зависно од конструкцијата на инструментот, односно од полож-

бата на компензаторот спрема кончаницата и објективната леќа.

Ако е:

$$S = f, \quad \beta = \alpha, \quad K = 1, \quad (11.16.)$$

тоа значи дека компензаторот е во главната рамнина на објективот, а ако е $K = 2$, компензаторот е на средината меѓу кончаницата и објективната леќа. Со други зборови, ако е познат коефициентот на компензацијата, може лесно да ја одредиме положбата на компензаторот во нивелирот.

За да може компензаторот да дејствува потребно е главната оска на дурбинот да се доведе приближно во вертикална положба, со точност од $5'$ до $30'$, во зависност од видот на инструментот. Подрачјето во кое компензаторот може да дејствува се нарекува подрачје на компензација. Наведената точност на доведувањето на главната оска во вертикална положба може многу лесно да се постигне со помош на центрична либела.

Компензаторите најчесто се изработуваат како клатна кои се поставуваат на некои делови, кои се наоѓаат во внатрешноста на инструментот. Поделбата на летвата не смее да се чита сè додека клатното не се смири во потполност. Заради побрзо смирување на осцилациите на компензаторот поставен е пригушувач на осцилациите кој најчесто работи на принципот на збивање (компресија) на воздухот, таканаречен пневматички пригушувач. Времето кое е потребно за да се смири компензаторот, благодарение на пригушувачот на осцилациите, е сведено на 1 до 2 секунди.

Тоа практично значи дека при нивелирањето со помош на нивелир со компензатор доволно е меурот на центричната либела да се доведе да врвуну, да се навизира летвата и да се изврши читање на поделбата на летвата. Додека летвата се визира фино, дотогаш компензаторот ќе се смири, па може веднаш да ја читаме поделбата на летвата.

Тука нема да бидат обработени начините на кои се конструирани компензаторите.

Б) Испитување на нивелири со компензатори

Нивелманските инструменти со автоматско доведување на визурата во хоризонтална положба треба да се испитаат пред употребата. Освен условите на паралелноста, оската на центричната либела со главната оска на нивелирот и хоризонталноста на средната црта на кончаницата, треба да се испита и следново:

1) Да се одреди подрачјето на компензација. Подрачјето на компензација скоро секогаш е дадено во проспектите и упатствата за користење на инструментите (нивелирите) кои се добиваат од производителот на геодетските инструменти. Ако тоа не е дадено или ако се посомневаме дека при употреба на инструментот е дојдено до некој потрес, што можел да го наруши компензаторот, подрачјето на компензација може да се испита во лабораториски услови со помош на специјални *егземинаџори*.

2) Да се одреди времето на смирување на клатењето на компензаторот. Времето на смирување на клатењето на компензаторот може да се одреди на следниов начин:

- Се мести меурот на центричната либела да врвунуи и низ окуларот на дурбинот се набљудува поделбата на летвата.

- Со положбениот винт, кој е во правецот на визурата, се прави брзо вртење на едната страна, а потоа на другата страна, така што инструментот повторно да се врати приближно во првобитната положба. На тој начин ќе се врати главната оска на инструментот (нивелирот) во подрачјето на компензацијата, а ќе се заклати компензаторот. За сето ова време окото не го поместуваме од окуларот, клатењето на компензаторот ќе се воочи врз основа на промената на читањето на неподвижната летва, а е завршено кога кончаницата ќе се смири во потполност. Времето на смирување на клатењето на компензаторот може да се одреди со набљудување на клатењето со слободна проценка на времето или со помош на штоперица.

3) Да се испита хоризонталноста на визурата. Постапката за испитување на хоризонталноста на визурата се спроведува со нивелирање од средина и од крај, како што е објаснето претходно (глава 11.8.1.). Ректификацијата на нивелирот се спрове-

дува доколку разликата на висинските разлики, добиени од средина и од крај, се разликуваат повеќе од 2 mm. За да се ректифицива овој услов, можно е најчесто да се поместува кончаничниот прстен и кончаницата сè додека ликот на средната црта од кончаницата не се намести да го погодува пресметаното читање или да се врти стаклото пред објективната леќа, кое е изработено како оптички клин со мал агол на врвот, додека визурата не се доведе на пресметаното коригирано читање на поделбата на оддалечената летва.

11.8.3. Електронски нивелири

Со технолошкиот развој на геодетските инструменти кои служат за мерење на хоризонтални и вертикални агли и должини, следува и технолошкиот развој на инструментите за одредување на висински разлики.

Се разбира дека и овде важи правилото дека и електронските инструменти треба да ги задоволат условите кои се неопходни за мерење на висински разлики и кои важат кај класичните нивелири. Разликата е во тоа што кај електронските нивелири најчесто ни е оставена можноста за испитување и ректификација на првиот услов, додека останатите услови треба само да се испитаат. Доколку условите не се задоволени, нивната ректификација ја прави исклучиво овластен сервисер од страна на производителот.

Тоа значи дека електронските нивелири кои не ги задоволуваат во целост сите услови, не се за употреба, сè додека не се изврши ректификација на отстапувањата кои може да настанат по извесно време на употреба и при одредени физички оштетувања на инструментот.

За разлика од поделбата на класичните летви кои служат за нивелирање со класичен нивелир, електронските нивелири користат таканаречени кодирани летви. Тоа значи дека на самата поделба на летвите не постојат никакви броеви, туку само неправилно распределени полиња во бела и црна боја. Бидејќи на поделбата на вакви летви не може да се дефинира

никаква нивна меѓусебна зависност, барем за нас корисниците, а се разбира таа е, секако, позната за самите производители, па оттука произлегува и нивното име *кодирани лејви*. Исто така, важно е да се нагласи дека при користењето на еден електронски нивелир од еден производител како корисници сме обврзани да користиме и соодветна летва од истиот производител, или кажано со други зборови, не може да комбинираме електронски нивелир од еден производител со кодирана летва од друг производител.

Исто така, спецификата кај овие инструменти е во тоа што при работењето со нив како оператор може да вршиме само визирање на летвата – фокусирање на ликот од летвата (избистрување на летвата во видното поле од нивелирот) и притискање на копче за вршење на читањето. При притискањето на копчето за почеток на мерењето, од нивелирот се емитираат бранови кои се распространуваат до летвата, се одбиваат од нејзината површина и се враќаат кон нивелирот. По приемот на таквите бранови на електронскиот дисплеј се покажуваат читањата на летвата, растојанието од нивелирот до летвата и висинската разлика од оската на визурата до точката на која е поставена летвата.

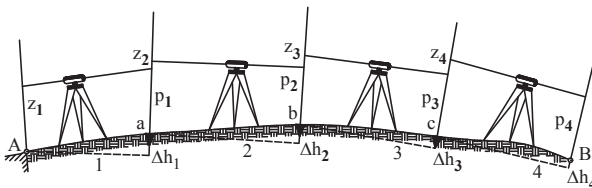
Принципот на мерење кај електронските нивелири е ист како и кај електрооптичките инструменти за мерење на должини, односно и тие користат фазен начин на мерење.

Работата на електронските нивелири овде нема детално да се разработува.

11.9. ПОСТАПКА НА НИВЕЛИРАЊЕ КАЈ ТЕХНИЧКИОТ НИВЕЛМАН

Порано стана збор за одредување на висинските разлики меѓу две точки со нивелирање од средина. На тој начин од една станица може да се одреди висинската разлика меѓу две блиски точки чија висинска разлика не е поголема од 3 – 4 m.

Висинската разлика меѓу две оддалечени точки, репери, не е можно да се одреди од една станица со нивелирање од средина, туку со повеќе станици преку низ на парцијално одредени висински разлики меѓу соседни помошни точки. Тие помошни точки се нарекуваат врзни точки и се означуваат со мали букви од абecedата во една нивелманска страна (a, b, c, d) (сл. 11.20.).



Сл. 11.20. Послџајка на нивелирање.

Местата на кои се поставуваат нивелирите се нарекуваат станици и се означуваат со арапски броеви од еден па натаму во рамките на една нивелманска страна. За следната нивелманска страна нумерирањето на станиците и врзните точки почнува од почеток.

Висинските разлики меѓу соседните точки се одредуваат со нивелирање од средина како разлики на читањата на поделбите на задната и предната летва.

$$\begin{aligned} \text{За станица 1} \quad \Delta h_1 &= z_1 - p_1, \\ \text{За станица 2} \quad \Delta h_2 &= z_2 - p_2, \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \text{За станица } n \quad \Delta h_n &= z_n - p_n. \end{aligned} \tag{11.16a.}$$

Вкупната висинска разлика меѓу точките А и В изнесува:

$$\Delta H_A^B = \Delta h_1 + \dots + \Delta h_n = [z] - [p]. \tag{11.16b.}$$

Со сумирањето на висинските разлики одредени (мерени) на одделни станици, (11.16a.) се добива висинската разлика меѓу крајните репери на нивелманската страна (11.16b.) и се контролира пресметувањето на висинските разлики (11.16a.).

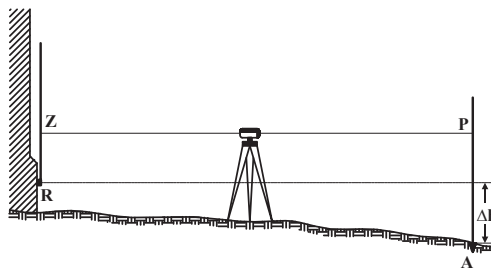
11.9.1. Врска на нивелманот со репер

Нивелирањето на висинските разлики меѓу два репера почнува на еден, а завршува на друг репер. Затоа на двата краја на нивелманската страна се врши приклучување на репер.

Начинот на врзување на нивелманот со репер зависи од тоа со каква белега е стабилизирани реперот. Притоа треба да разликуваме два случаи.

Во првиот случај на врзувањето на нивелманот за репер, летвата може да ја поставиме на репер. Тоа се сите вертикално всадени репери, како и хоризонтално всадените со топчеста глава која е надвор од сидот. Во овој случај висинската разлика се одредува на вообичаениот начин (сл. 11.21.),

$$\Delta h = z - p. \quad (11.16c.)$$

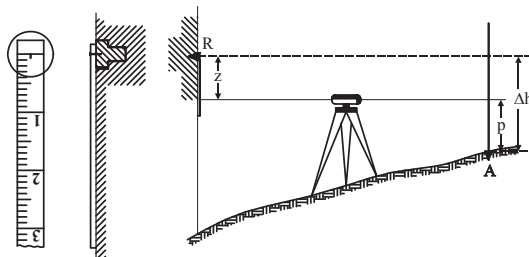


Сл. 11.21. Репер на кој може да се постави летва.

Вториот случај на врзување на нивелманот за репер се јавува кај хоризонтално всадените репери со дупче на кои не може да се постави летва. Тие репери се поставуваат приближно на висина на визурата, односно визурата ќе биде нешто пови-сока или пониска од реперот. Врската на нивелманот со реперот во овој случај се постигнува со метален линијар со дупче кое има ист дијаметар како и дупчето на реперот. Низ дупчето на линијарот се провлекува игла со соодветна дебелина, која потоа се вовлекува во дупчето од реперот и се држи со рака. Линијарот се поставува во вертикална положба, при што се ротира околу провлечената игла, по потреба, над или под реперот. Ако поделбата на линијарот се чита над реперот, висинската разлика се пресметува според изразот (11.16c.), а ако

линијарот го читаме под реперот (сл. 11.22.), висинската разлика ќе се добие по формулата:

$$\Delta h = -(z - p)$$



Сл. 11.22. Репер на кој се поставува линијар.

и ќе биде негативна. Јасно е дека почетокот на поделбата на линијарот мора да се поклопува со средината на дупчето. Во недостаток на опишаниот линијар може да се искористи и обичен линијар или триаголник со поделба, при што се води сметка, кога линијарот се држи со рака поделбата да стои вертикално и почетокот на поделбата да се поклопува со средината на дупчето на реперот.

За да нема недоразбирање за тоа како нивелманот е врзан со реперот, па заради тоа се добива погрешна висинска разлика, мора во колоната „забелешка” на соодветниот нивелмански записник (нивелмански образец 1), да се исцрта начинот на врзувањето на нивелманот со реперот.

11.9.2. Тек на нивелирањето

Теренската екипа за техничкиот нивелман ја сочинуваат едно стручно лице и три фигуранти. Двајца фигуранти носат по една летва, по една папуча и, евентуално, по две значки за полесно држење на летвите во вертикална положба. Третиот фигурант носи чадор за сонце, со кој го штити нивелирот и ста-

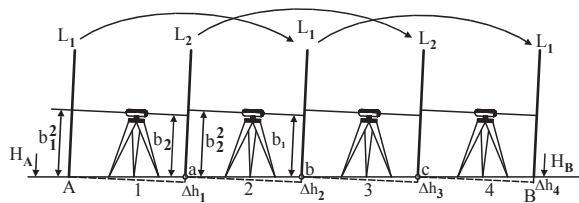
тивот од директното влијание на сончевите зраци, а може, ако неговите школски квалификации овозможуваат, да се обучи да води записник.

Нивелирањето секогаш започнува од репер. Стручното лице го одбира местото за првата станица, притоа водејќи сметка за максималната дозволена должина на визурата, минималната оддалеченост на визурата од теренот (табела 11.2.) и летвата да може да се заврти кон нивелирот, така што рамнината на поделбата да биде нормална на визурата. Кога местото за станица ќе биде одбрано, се поставува нивелирот, така што правецот на двете ногалки од стативот да му бидат во правецот на нивелирањето, па потоа главната оска се доведува да биде во вертикална положба. Еден фигурант ја држи задната летва на репер, а другиот фигурант ја носи предната летва, прави чекори со должина околу еден метар, т.е. го мери растојанието од реперот до станицата. Измереното растојание го соопштува на стручното лице, должината изразена во метри ја запишува во соодветната колона во записникот, а потоа со ист број на чекори се оддалечува од станицата до првата врзна точка, па и таа должина се внесува во записникот. Бидејќи кај техничкиот нивелман се дозволува разликата во должината на визурата да изнесува до 3 m, во практика должините на визурите се одредуваат со чекори. За точно одредување на должините на визурите се користи кончаницата на нивелирот, која се состои од три хоризонтални црти како кај Рајхенбаховиот далечиномер.

Стручното лице ја визира летвата на реперот (задна летва) најнапред грубо, а потоа фино, со микрометарскиот винт, со помош на елевациониот винт или со помош на положбените винтови се доведува меурот на цевчестата либела да врвни и, на крајот, се чита поделбата на летвата до милиметар. Тоа читање се внесува во соодветната колона во записникот во ист ред во кој се наоѓаат ознаката на реперот и должината на визурата. Сега се отпушта кочницата, па дурбинот се завртува околу главната оска на нивелирот додека не се навизира летвата, која е поставена во точката (а). Повторно го доведуваме меурот на цевчестата либелата да врвни, а потоа се врши читањето.

Ако нивелирањето припаѓа на техничкиот нивелман, со тоа се завршени мерењата на првата станица. Во техничкиот ни-

велман со зголемена точност, висинската разлика мора да ја одредиме уште еднаш, како што е објаснето во глава 11.7.4. Кога се завршени мерењата на првата станица, нивелирот се преместува на станица 2, летвата на врзната точка (a) останува на своето место, а летвата од реперот се преместува на врзната точка (b). Втората станица и врзната точка (b) се одредуваат со истата постапка и под исти услови како и станицата 1 и врзната точка (a). На опишаниот начин се продолжува со нивелирањето сè до следниот репер. Редоследот на измената на местата на летвите на одделни врзни точки може да се види на сл. 11. 23.



Сл. 11.23. Размена на летви при нивелирање.

11.9.3. Прекинување на работата

По правило, нивелирањето во генералниот нивелман се завршува на репер. Меѓутоа, се случува нивелирањето да мора да се прекине пред да се стаса до реперот, во случај кога наеднаш ќе се расипе времето или, пак, следниот репер е премногу далеку за да се стаса до него. Во таквите случаи нивелирањето може да се прекине на некој стабилен предмет (клин забиен во бетонски столб, болцна забиена во асфалт и слично). Ако на терен нема ваков предмет, работата може да ја прекинеме на следниов начин:

- На згодно место на теренот се забиваат три колци на меѓусебно растојание на околу 1 m. На горната површина на колците се забива по еден клинец со топчеста глава. Од последната станица се чита поделбата на летвата на последната врзна точка, а потоа и на трите колци. Потоа, колците се маскираат со листови. Врз основа на читањата на поделбата, на сите три колци може да се одреди висинската разлика меѓу нив.

Нивелирањето се продолжува така што се чита поделбата на истата летва на сите три колци од следната станица. Врз основа на читањата на поделбата на летвата, на сите три колци, повторно може да ги формираме висинските разлики меѓу главите на колците, кои треба да бидат исти како и оние од претходната станица. На тој начин може да видиме дали колците останале неподвижни или, пак, некој од нив е поместен.

Откако ќе се утврди кој од колците ја нема променето својата висина, еден од нив се усвојува за врзна точка, па од него го продолжуваме нивелирањето како од врзна точка.

11.10. ИЗВОРИ НА ГРЕШКИ ПРИ НИВЕЛИРАЊЕТО

Нивелирањето, како и сите останати геодетски мерења, го следат голем број на грешки. Тие извори на грешки ја намалуваат точноста на нивелирањето, некои повеќе а некои помалку. Ќе ги анализираме влијанијата на само некои од изворите на грешки, како на висинските разлики одредени со нивелирање од крај, така и на висинските разлики одредени со нивелирање од средина.

11.10.1. Влијанието на закривеноста на Земјата

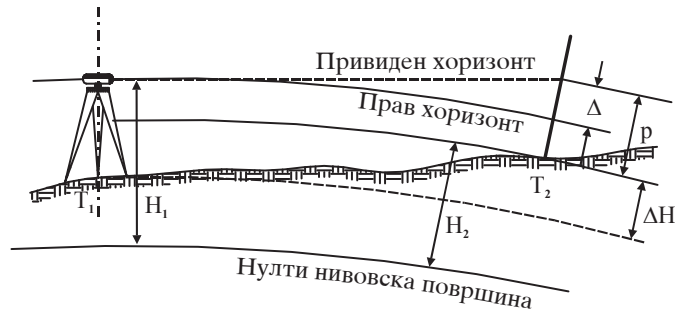
Познато е дека висинската разлика претставува растојание меѓу нивовските површини на две точки мерено во насока на вертикалата. Меѓутоа, при одредувањето на висинските разлики при хоризонтална визура, визурата лежи во хоризонталната рамнина на инструментот на станицата (привиден хоризонт). Со зголемувањето на растојанието од летвата, се зголемува растојанието меѓу хоризонталната рамнина и нивовската површина на инструментот на станицата (вистински хоризонт). Тоа растојание претставува грешка на нивелирањето поради влијанието на закривеноста на Земјата (сл. 11.24. и 11.25.).

Од сликата 11.24. непосредно може да се напише:

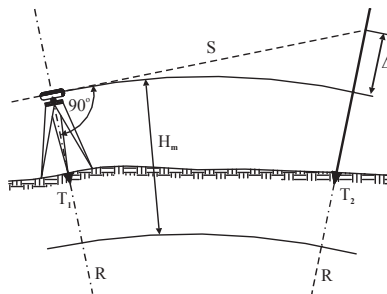
$$(R + H_m + \Delta)^2 = (R + H_m)^2 + S^2, \quad (11.17.)$$

$$(R + H_m)^2 + 2(R + H_m)\Delta + \Delta^2 = (R + H_m)^2 + S^2, \quad (11.18.)$$

$$2(R + H_m)\Delta + \Delta^2 = S^2.$$



Сл. 11.24. Грешка поради закривеност на Земјата.



Сл. 11.25. Разликата меѓу вистинскиот и привидниот хоризонт.

Во последниот израз големината Δ^2 може, како многу мала, да ја занемариме, па останува да биде:

$$\Delta = \frac{S^2}{2(R + H_m)}, \quad (11.19.)$$

$$\Delta = \frac{S^2}{2} \left(\frac{1}{R} - \frac{H_m}{R} + \dots \right)$$

или

$$\Delta = \frac{S^2}{2 \cdot R}. \quad (11.20.)$$

Грешката на одредувањето на висинската разлика при нивелирањето од крај, која настанува заради влијанието на закривеноста на Земјата, како што се гледа, е пропорционална со квадратот на должината на визурата.

Пример 11.5: Во табелата 11.3. се прикажани грешките на висинските разлики кои се одредени со нивелирање од крај за различни должини на визури, усвојувајќи дека радиусот на Земјата е $R=6\,377\,000\text{ m}$.

Табела 11.3.

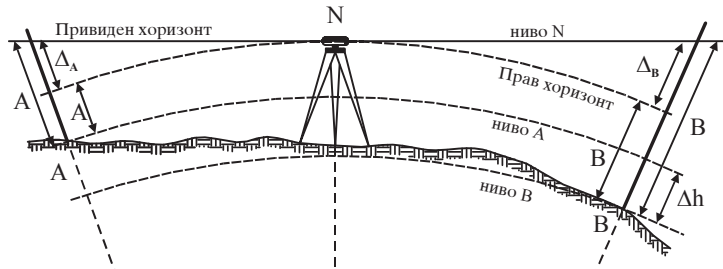
| S [m] | 20 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|
| Δ [mm] | 0,03 | 0,020 | 0,44 | 0,78 | 1,22 | 1.76 |

При нивелирањето од средина, читањата на поделбите на предните и задните летви ќе бидат оптоварени со грешката на влијанието на закривеноста на Земјата (11.20.).

Бидејќи висинската разлика при нивелирањето од средина се добива со разликата на читањата на поделбите на летвите, вака одредената висинска разлика ќе биде оптоварена со грешката која се случува заради влијанието на закривеноста на Земјата:

$$\Delta = -(\Delta_z - \Delta_p) = -\left(\frac{S_z^2}{2R} - \frac{S_p^2}{2R}\right) = -\frac{1}{2R}(S_z^2 - S_p^2) \quad (11.21.)$$

Ако се нивелира од средина $S_z=S_p$, закривеноста на Земјата не влијае на одредувањето на висинската разлика (сл. 11.26.).



Сл. 11.26. Нивелирање од средина.

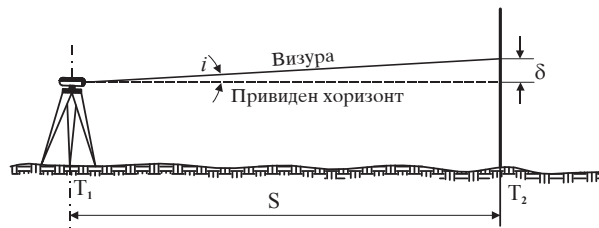
Пример 11.6: Да се одреди грешката на висинската разлика добиена со нивелирање од „средина“ ако $S_1=100\text{ m}$, $S_2=90\text{ m}$, $R=6\,377\,000\text{ m}$.

$$\Delta = -\frac{1}{2R}(S_z^2 - S_p^2) = -0,15\text{mm}.$$

Наведениот пример покажува дека при значителна разлика на должината на визурата од една станица ($S_z - S_p = 10\text{ m}$) се добива многу мала грешка на висинската разлика. Ако $S_z = 97\text{ m}$, $S_p = 100\text{ m}$, тогаш се добива $\Delta = 0,046\text{ mm}$.

11.10.2. Влијанието на нехоризонталноста на визурата

Нехоризонталноста на визурата може да се случи поради: недоволно внимание при местeњето на меурот на либелата да врвуну, мала осетливост на либелата, незадоволување на условот на паралелност на оската на либелата и визурата или заради недоволно функционирање на компензацискиот уред. Недоволно испитаниот и незадоволенот услов на паралелност на оската на либелата и визурата да биде закошена во однос на хоризонтот за агол (i), се причина читањата на поделбите на летвите да бидат погрешни во однос на големината (сл. 11.27.):



Сл. 11.27. Нехоризонталноста на визурата.

$$\delta = S \cdot i = S \cdot \frac{i''}{\rho''}. \quad (11.22.)$$

Ова влијание е пропорционално на должината на визурата S и аголот i , кој го формираат визурата и оската на либелата.

Пример 11.7: Да се пресмета грешката на читањето на поделбата на летвата која се случува заради нехоризонталноста на визурата за агол $i = 5''$ и $S = 100\text{ m}$.

$$\delta = 100000mm \frac{5''}{206265''} = 2,42mm.$$

Со нивелирање од средина, висинската разлика се добива како разлика на читањето на вредноста на поделбите на летвите. Кога читањата на задните и предните летви се оптоварени со грешките:

$$\delta_z = S_z \cdot \frac{i''}{\rho''} \quad \delta_p = S_p \cdot \frac{i''}{\rho''},$$

кои се случуваат заради нехоризонталноста на визурата, и висинската разлика ќе биде оптоварена со грешката:

$$\delta = \frac{i''}{\rho''} (S_z - S_p). \quad (11.23.)$$

Ако се нивелира од средина, ова влијание нема да се манифестира на висинската разлика. За $S_p = S_z$ грешката е $\delta = 0$.

Пример 11.8: Да се пресмета грешката на висинската разлика одредена со нивелирање од средина ако е даден аголот на нехоризонталноста на визурата i и разликите во должините на визурите:

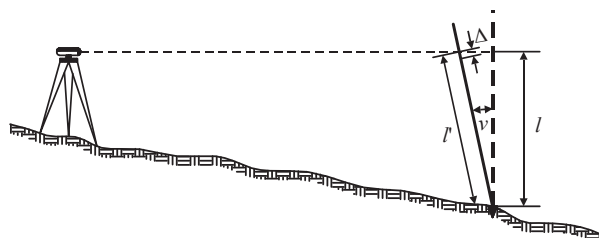
- а) $S_z - S_p = 10 \text{ m}$ $i = 10''$ $\delta = 0,48 \text{ mm}$
 б) $S_z - S_p = 3 \text{ m}$ $i = 5''$ $\delta = 0,072 \text{ mm}$.

Наведениот пример покажува дека при разликата на должините на визурите за три метри и нехоризонталноста на визурата $i = 5''$, се добива грешка на висинската разлика која може да се занемари. Од тие причини се дозволува разликата на должините на визурите на предната и задната летва да се разликуваат до три метри кај техничкиот нивелман.

11.10.3. Влијанието на невертикалноста на летвата

Летвата во вертикална положба ја држиме со помош на либела или висок, или со слободна процена „од око“. Ако летвата, заради некои причини, отстапила од вертикалата за агол ν

(сл. 11.28.), тогаш наместо исправното читање на поделбата, ќе се добие читање на закосената летва l' .



Сл. 11.28. Невертикалност на летвата.

Од сликата 11.28. може да напишеме:

$$\begin{aligned} \Delta &= l' - l = l' - l' \cdot \cos v \\ \Delta &= l'(1 - \cos v). \end{aligned} \quad (11.24.)$$

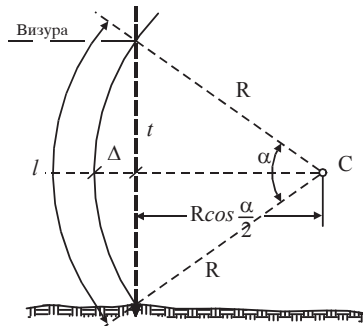
Грешката на читањето на поделбата на летвата, заради не-вертикалноста на летвата, зависи од вредноста на читањето l и аголот v , за кој летвата отстапува од вертикалната положба. Летвата може попрецизно да се доведе во вертикална положба со помош на либела ($v \approx 0,^{\circ}5$), отколку со слободна процена „од око“ ($v \approx 2,^{\circ}5$). За вредностите $v = 0,^{\circ}5$ и $v = 2,^{\circ}5$ во табела-та 11.4. се дадени грешките на читањата на поделбите во зависност од извршеното читање.

Табела 11.4.

| l | Δ | v |
|-----|---------------|---------------|
| | $0,^{\circ}5$ | $2,^{\circ}5$ |
| 1 m | 0,04 mm | 1 mm |
| 2 m | 0,08 mm | 2 mm |
| 3 m | 0,12 mm | 3 mm |
| 4 m | 0,16 mm | 4 mm |

11.10.4. Влијанието на закривеноста на летвата

Летвата, како што е веќе речено, се изработува од право дрво. Меѓутоа, заради промените на температурата и влажноста на воздухот, како и заради лошото држење на летвата во магацинот, доаѓа до нејзина закривеност. Затоа читањето на поделбата на летвата l не претставува должина на тетивата на летвата t , туку должина на лакот l (сл. 11.29.).



Сл. 11.29. Закривеност на летвата.

Грешката на читањето која се случува заради тоа може да се одреди како грешка на ланчаницата:

$$l - t = \frac{8 \cdot \Delta^2}{3 \cdot l}. \quad (11.25.)$$

Свитканите и искривените летви мора да се исфрлат од употреба.

11.10.5. Грешка заради временските прилики

Временските прилики штетно влијаат врз точноста на нивелирањето. Особено неповолни се летните спарни денови кога приземните слоеви на воздухот треперат. Заради тоа не е дозволено визурата да биде поблиску до теренот од вредностите дадени во табелата 11.2. Во лето погодно време за нивели-

раѓе е од изгрејсонце до 9 часот претпладне и од 17 часот попладне до зајдисонце. Кога денот е облачен, може да се нивелира во текот на целиот ден.

За време на нивелирањето потребно е нивелирот и стативот да се заштитат од директното влијание на сончевите зраци со помош на чадор за сонце.

12. ГЕОДЕТСКИ ПИСМА

На надворешната страна на рамката на корисниот простор од левата, десната и долната страна, со туш се испишуваат координатите за секое теме на квадратот или правоаголникот, и тоа на крајот, односно кога е извлечен целиот детаљ на планот. Сите извлекувања и испишувања се вршат по прописите од топографскиот клуч за плановите во размер 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:2500.

Исто така на надворешната страна на корисниот простор се пишува *опис* на геодетскиот план (листот). Под опис се подразбира испишување на основните информации кои се поврзани со самиот лист. Таквите информации се состојат од името на катастарската општина за која се однесува листот, неговата номенклатура, размерот, типот и годината на снимањето врз основа на кое е изработен геодетскиот план и надлежниот орган за податоците кои се содржани на самата геодетска подлога.

Испишувањето на вакви информации кои се поврзани со описот на подлогата се врши со одредени геодетски писма од кои најчесто употребувано е блок писмото. Покрај блок писмо постојат и многу други писма кои се употребуваат и во самиот корисен простор, односно на самата содржина на плановите. Најчесто користени геодетски писма се курзив, редис, блок и калиграфско писмо. За користење на вакви писма претходно треба да се конструира мрежа од помошни линии. Мрежата од помошни линии служи за испишување на писмата, а потоа таа се отстранува, односно се брише од плановите на начин што по бришењето не останува никаква трага дека постоела помошна мрежа од линии.

Начинот на конструирање на мрежата помошни линии, како и начинот на испишување на одредени геодетски писма се дадени како прилог 7 кој е составен дел на оваа книга.

Меѓутоа, со развојот на информатичката технологија, компјутерите сè повеќе имаат примена во областа на геодезијата, па во денешно време сите испишувања на геодетски подлоги кои се изработуваат во електронска форма се вршат со помош на некој графички софтверски пакет кој е наменет за

изработка на дигитални геодетски подлоги. Графичко софтверски пакети кои се наменети за изработка на дигитални геодетски подлоги се од фамилијата на CAD (Computer Aided Design) програми кои отвараат едно ново поглавје во геодезијата за што овде нема да стане збор. Најчестите CAD програми кои се употребуваат, главно се засноваат на две платформски решенија од производителите Bentley и Autodesk чии претставници се програмските пакети Microstation и AutoCAD со соодветни верзии кои може да се најдат кај соодветните дистрибутери на овие програмски решенија.

13. ГЕОДЕТСКИ ПЛАНОВИ

13.1. ПОСТАПКА ЗА ИЗРАБОТКА НА ПЛАНОВИ

13.1.1. Содржина на плановите

Геодетски план е точен и верен графички приказ на помал дел на земјиштето (природно или вештачко) заедно со земјишните форми во хоризонтална рамнина.

Планот кој содржи само хоризонтална претстава на земјиштето, со помош на соодветни топографски знаци, без висинска претстава на земјиштето (релјефот) се нарекува катастарски план, затоа што како таков најмногу се употребува во катастарот на земјиштето, односно во земјишната книга. Ако таков план содржи и вертикална претстава (релјеф), тогаш се нарекува топографско–катастарски план. Плановите ја имаат следната основна содржина:

- математичка основа (координатна мрежа и геодетски точки);
- гранични линии на парцелите (земјоделски и градежни);
- комуникации (патишта, железници и сл.) со цртежот на земјиниот труп и појасот на експропријација;
- инсталации со пропратни објекти и уреди;
- хидрографска мрежа (реки, потоци, бари, езера, мориња и сл.);
- топографски ознаки на вегетацијата и културите на земјиштето;
- сите објекти кои поради малите димензии не може да се претстават во размерот на планот, туку се претставуваат со помош на условни топографски знаци;
- гредежни објекти (надземни и подземни);
- имиња на населби, предели, разни објекти и комуникации, потоа имиња на хидрографски објекти, висински земјишни форми и слично;
- соодветен опис на планот.

При изработка на геодетскиот план се користат следните податоци:

- нумерички податоци за геодетските точки (тригонометрички, полигонски, линиски и др.);
- оригинални податоци на снимањето на детаљот во државниот премер (со ортогонална, поларна или аерофотограмметричка метода и детален нивелман) на скиците на детаљот, фотоскиците и др.;
- званичен попис и ознаки на патиштата, потоа податоци за границите на катастарските општини, имиња на улици и др.

Во нашата земја геодетските планови се изработуваат во размер 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 2500 и 1 : 5000 во Гаус – Кригеровата проекција.

На изборот на размерот, главно, влијаат:

- намената на геодетскиот план;
- големината на површината на земјиштето кое се картира;
- густината на објектите и големината на парцелите;
- точноста на планот;
- карактерот на земјишните форми и др.

Потребно е да се знае дека со зголемувањето на размерот се зголемува и точноста на планот, но се зголемува и бројот на листовите, па со самото тоа се зголемуваат и сите пропратни работи при изработката на плановите, односно се зголемуваат и трошоците за изработката на плановите, така што мора да се води сметка за економичноста.

13.1.2. Материјали за изработка на геодетски планови

Од физиката е познато општото правило дека цврстите тела на топло се шират, а на ладно се собираат. Исклучок од ова правило е хартијата. Таа на топло се собира, а на ладно се шири. На ваквото однесување на хартијата влијае влажноста на воздухот. Познато е дека топлиот воздух е сув, а ладниот воздух е влажен. Влажноста на воздухот влијае на промената на димензиите на хартијата која ја впира водата од влажниот воздух и така се исполнува празниот меѓупростор. На тој начин доаѓа до заситување на хартијата со вода, која прави притисок на влакната, а тие од тој притисок се шират.

Оттука материјалот, кој служи како подлога на која ќе се изработи геодетскиот план (т.н. теренски оригинал), мора да исполни одредени барања. Основното барање од материјалот е да има својство што помалку да ја менува димензијата при одредени климатски услови, односно при различна температура и влажност на воздухот.

Денеска како материјали за изработка на теренските оригинали на геодетските планови се користи хартија и пластична фолија.

Цртачка хартија. Во нашата земја најчесто се употребува цртачка хартија со ознаката SchelersHammer (Düren), тип 308 и тежина 260 g/m². Таа ги задоволува техничките услови кои се бараат од цртачката хартија, а тоа се:

- да не ги менува или многу малку да ги менува своите димензии при мала осцилација на температурата и влажноста на воздухот;

- да е со бела боја, чиста и без никакви дамки и да не пожелтува на светлост;

- да е многу жилава и да не е крута, т.е. да не се крши на местата каде била свиткана во ролна;

- да е малку рапава, односно да не е мазна, ниту сјајна;

- добро да се исцртуваат линии со цртачкиот прибор и со туш, при што трагата од тушот цврсто да се лепи на хартијата и да не се разлива;

- да може добро да се радира туш кој нема да се разлива, т.е. цртите исцртани преку радираните места се исти како и на нерадираната површина;

- промената на димензиите Δl , покрај надворешните влијанија, да не ја преминува големината $\pm 0,1 \text{ mm}$ или $0,3 \text{ mm}$ на 1 m.

Најголемите промени на димензиите на цртачката хартија се случуваат под влијание на влажноста на воздухот. Ова влијание може да се отстрани или да се сведе на занемарливи деформации со лепење на хартијата врз алуминиумска плоча (или цинк, месинг, стакло).

Постапката се состои во тоа што цртачката хартија се лепи на алуминиумска плоча со дебелина 0,2 до 1 mm (најповолна е 0,5 mm) и од двете страни од плочата. Плочата мора да се залепи од двете страни со хартија од ист квалитет. Ако хартијата

се залепи само од едната страна на плочата, тогаш при сушењето на хартијата на поголема температура на воздухот ќе дојде до виткање на алуминиумската плоча. Истото ќе се случи ако се залепи хартија со различен квалитет од двете страни. Плочата со налепен хамер се нарекува *коректността*.

Пластични фолии. Во поново време теренските оригинали на геодетските планови се изработуваат на листови од пластична маса, која на пазарот се појавува под различни имиња: астралон, мајлар, покалон, хостафан итн. Заедничките особини на сите овие материјали се:

- отпорност на влијанието на температурата и влажноста на воздухот;
- при влијание на температурата и влажноста на воздухот имаат многу малку промени во своите димензии;
- репродукцијата и умножувањето на плановите се поедноставни во однос на цртачката хартија;
- незапаливи се во случај на експлозија, но на пламен се топат.

Основните недостатоци на фолиите се:

- исцртувањето на цртежите и испишувањето на текстот и бројките со туш се потешки во однос на хартијата, па потребен е специјален вид на таканаречен хемиски туш, кој подобро се лепи за пластичната маса отколку обичниот туш;
- некои пластични фолии, со тек на времето, стануваат крути и кршливи, па прскаат при благо свиткување.

Според Правилникот за изработка на теренски оригинали на плановите на новиот премер може да се користат фолии од пластични маси, под следните услови:

- да не се запаливи во случај на експлозија;
- да се отпорни на атмосферските влијанија (температура и влажност);
- промената на должината Δl на должината l на фолијата, во границите на осцилации на температурата од 20°C во работна просторија, да не преминува $|\Delta l| = 5 \cdot 10^{-4} \cdot l$ или 0,5 mm на 1 m должина;
- на нив да може да се картира и да се црта со молив и со специјални тушеви и да се копираат во фоторепродукциски постапки, а цртежот, односно ликот на нив да остане стабилен;

- прозирноста да им биде добра и со тек на времето да не се губи.

Промената на димензиите на хартијата или фолијата од пластични маси создава големи тешкотии при изработката на теренскиот оригинал на планот, а посебно кај:

- врската на детаљот и релјефот меѓу соседните листови;
- врската на детаљот на границите со различен размер;
- пресметувањето на површината на парцелите, групите и граничните листови по механички пат (со планиметар, поларен или кончан) или од графичките мерки земени од планот;
- репродукцијата на планот со фотопостапка;
- смалување на плановите со фотоначин или со пантограф поради изработка на прегледни планови или карти и при вцртувањето на случените промени на земјиштето при одржувањето на катастарот на земјиштето и др.

Затоа се наметнуваат постојани и непрекинливи барања за отстранување на промената на димензиите на хартијата и фолијата под атмосферските влијанија или сведување на овие промени на најмала мерка.

За да се добие правилна одлука за избирање на материјал за изработка и репродукција на геодетските планови може да послужат податоците од табелата 13.1., која ја има составено германскиот инженер Фолкерс во 1957 година, врз основа на испитувањата на промената на димензиите на разни димензии под влијание на температурата и влажноста на воздухот.

Табела 13.1.

| Материјал | При температурна промена од 10° C | | При релативна промена на влажноста на воздухот за 30% | |
|-----------------------|-----------------------------------|------|---|-------|
| | x | y | x | y |
| Паусен пергамент | | | 2,75 | 10,40 |
| Цртачка хартија | | | 1,55 | 8,30 |
| Картографска хартија | | | 0,80 | 4,50 |
| Целулозен ацетат | 0,16 | 0,22 | 1,66 | 2,28 |
| Полистирол со желатин | 0,25 | 0,25 | 0,60 | 0,60 |
| Бакар | 0,17 | 0,17 | | |
| Алуминиум | 0,23 | 0,23 | | |
| Цинк | 0,29 | 0,29 | | |
| Стакло | 0,08 | 0,08 | | |

Напомена: Линеарната промена е изразена во mm на 1 m должина.

Од оваа табела може да се забележи дека цртачката хартија не ја менува својата димензија при осцилација на температурата за 10°C , од нормалната температура 20°C , додека влијанието на влажноста на воздухот е воочливо при осцилација на влажноста за 30%. Ако се употребува алуминиумска плоча на која ќе се залепи хамерот, тогаш нема да има влијание влажноста на воздухот, туку температурата. Кај фолиите се воочува промената на димензиите по X и Y оската под влијание на осцилациите на температурата и влажноста на воздухот, и тоа различно – во зависност од видот на пластичната маса од која е изработена фолијата.

Потребно е да се напомене и начинот на ракување со цртачката хартија или фолиите од пластични маси, а тоа е:

- плановите треба секогаш да се држат испружени на маса или во специјални ормани;
- никогаш не треба да се виткаат во ролна;
- при пренесувањето на плановите од една на друга маса или просторија мора да бидат испружени;
- по завршувањето или прекинувањето со работата на планот, секогаш се враќаат на местото за чување;
- на маса планот треба да се покрие со обична хартија или тенко платно заради заштита од прашина и од мрсење од рацете при работата или, пак, од работните материјали.

Теренските оригинали на плановите за картирање на земјиштето во размер 1 : 500 и 1 : 1000 задолжително се изработуваат на хартија коректостат, а според можностите и потребите и за останатите размери за потребите на катастарот на земјиштето.

Со развојот на компјутерската технологија, освен споменатите материјали за изработка на плановите, во денешно време сè поголема примена наоѓаат и современите носители на меморија. Процесот за изработка на плановите во дигитална форма, во споредба со класичната методологија на изработка на плановите, е доволно лесен и временски е многу пократок. Самата методологија на изработка на дигитален план тука нема да биде разработувана и објаснета.

13.2. ПОДЕЛБА НА ДЕТАЛНИ ЛИСТОВИ

13.2.1. Поделба на тригонометриски секции

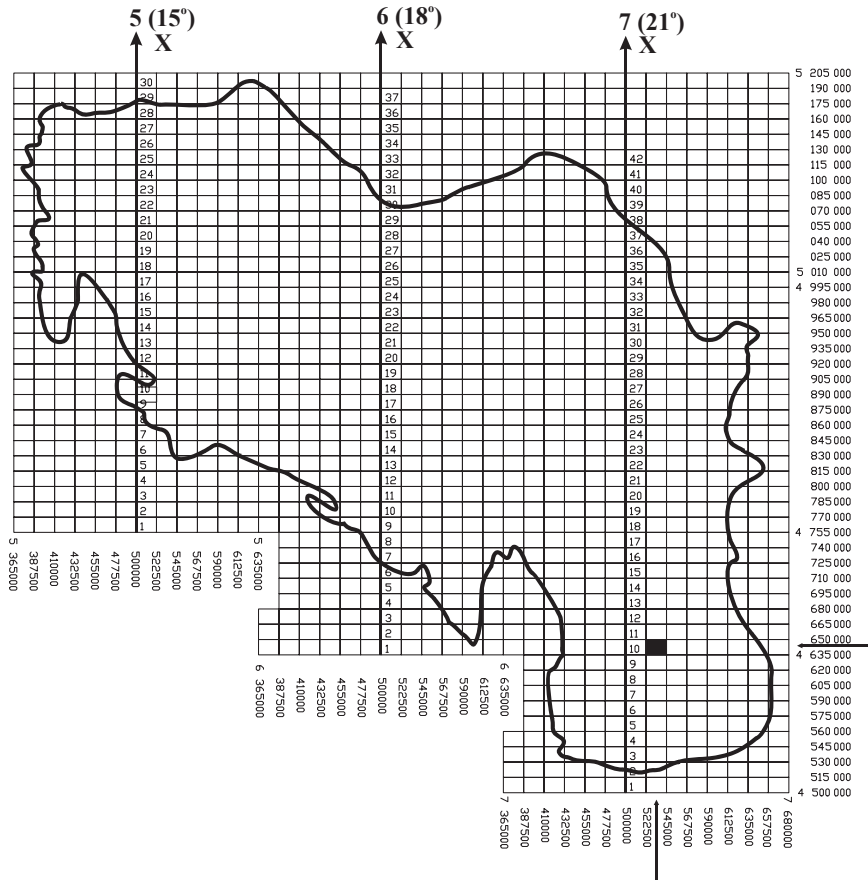
За да се сфати подобро и комплетно постапката на поделбата на листови на детаљот, во основни црти ќе биде објаснета постапката на поделба на тригонометриски секции во рамките на координатниот систем, бидејќи секциите се основа за понатамошна поделба на листовите на детаљот (планот).

Имено, положбата на листовите на детаљот мора да има точно одредено место во однос на усвоениот државен координатен систем. Со тоа секој лист на детаљот има одредени координати на почетокот и на крајот по двете координатни оски. Покрај тоа, секој листа на детаљот има и свое обележје (номенклатура) чиј прв дел ја носи ознаката на тригонометриската секција. Исто така, важно е да се знае дека поделбата на листови се врши секогаш на скицата на полигонската мрежа.

Положбата на тригонометриската секција на секој лист се одредува во рамките на координатниот систем во кој се наоѓа.

Секој координатен систем (5, 6 и 7) е поделен на таканаречени *тригонометриски секции* кои ги сочинуваат листовите на картата на тригонометриската мрежа од четврти ред во размер 1 : 25 000.

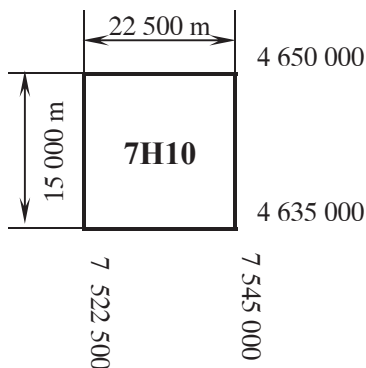
Тригонометриските секции ги формираме на следниов начин. Во секој координатен систем се повлекуваат паралелни линии со координатните оски и тоа паралелните по X оската на растојание од 22 500 m и паралелни со Y оската на растојание од 15 000 m во однос на координатниот почеток (сл. 13.1.). На овој начин се добива низа од колони и редови и тоа 12 колони во петтата и шестата зона, кои се обележуваат со големи букви од абecedата од A до L, а за седмата зона се формирани уште две додатни источни колони M и N, поради еден мал тесен појас на нашата земја на крајниот исток од седмата зона, кој би влегол во осмата зона. Главниот меридијан на зоната се наоѓа меѓу колоните F и G.



Сл. 13.1. Поделба на координатните системи на тригонометриски секции и вредностите на координатните почетоци во 5, 6 и 7 зона.

Редовите се обележуваат со арапски броеви почнувајќи од 1 на најјужниот дел на територијата на нашата земја, односно од усвоениот координатен систем за секоја зона почнувајќи од неговиот координатен почеток. Така петтата зона има 30 реда, шестата зона 38 реда и седмата зона 42 реда. Со ваква поделба на колони и редови се добиени тригонометриските секции со димензии 22,5 x 15 km кои имаат точно одредена положба во соодветниот координатен систем, т.е. секоја од овие секции има координати на почетокот и на крајот по двете координатни оски.

Секоја секција, покрај тоа што ѝ се одредени координатите, има и свое обележје (номенклатура) кое се состои од три ознаки: првата е број на координатниот систем (зона), втората—буква на колоната на која ѝ припаѓа и третата—бројот на редот. Тоа е таканаречена општа ознака на положбата на секцијата. Така, на пример, означената секција на сл. 13.1. во зоната 7 има номенклатура 7Н10 и координати означени на сл. 13.2.



Сл. 13.2. Тригонометриска секција.

Големината на корисниот простор на листот на картата на тригонометриската мрежа од четврти ред во размер 1 : 25000 изнесува 90 x 60 cm, чии димензии се идентични со димензиите на тригонометриската секција. Покрај општата ознака, секоја секција има и локална ознака (Скопје 15) која се зема од списокот на имињата на секциите, како составен дел од картографскиот клуч, за изработка на основната државна карта во размер 1 : 5000. Тоа значи дека секој лист на карта и план, без разлика на размер, има општа и локална ознака.

13.2.2. Поделба на листови на план во размер 1 : 5000

Основа за добивање на листови на план во размер 1 : 5000 е тригонометриска секција. Една секција содржи 50 листа на план во размер 1 : 5000 нумерирани од 1 до 50 по редови од лево кон десно (сл. 13.3.).

7Н10 – 15

| | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 4 650 000 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 4 647 000 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 4 644 000 |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 4 641 000 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 4 638 000 |
| 7 522 500 | 524 750 | 527 000 | 529 500 | 531 500 | 533 750 | 536 000 | 538 250 | 540 500 | 542 750 | 7 545 000 |

Сл. 13.3. Поделба на листови на план во размер 1 : 5000

Од сликата 10.3. видно е дека секцијата е поделена на 5 реда паралелни со Y оската и 10 колони паралелни со X оската. Големината на еден лист изнесува 2250 x 3000 m. Секој лист, исто така, има одредени координати на почетокот и на крајот по едната и другата координатна оска. Големината на корисниот простор на листот во размер изнесува 45 x 60 cm. Корисниот простор на таквиот лист е поделен на квадратна (дециметарска) и полудециметарска мрежа. Општата и локалната ознака на листот во размер 1 : 5000, според примерот од сл. 13.3 изнесува: 7Н10–15, Скопје 15.

13.2.3. Поделба на детални листови во размер 1 : 2500

Листовите на планот во размер 1 : 2500, исто така, се добиваат од тригонометриската секција која се дели на 100 детални листови (десет реда и 10 колони). Листовите се нумерирани од 1 до 100 по редови како на сл. 13.4.

Големината на корисниот простор е 90 x 60 cm со исцртана квадратна мрежа. Природната големина на корисниот простор на листот изнесува 2250 x 1500 m.

7Н10 – 25, Скопје 25

| | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 4 650 000 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 4 648 500 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 4 647 000 |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 4 645 500 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 4 644 000 |
| 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 4 642 500 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 4 641 000 |
| 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 4 639 500 |
| 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 4 638 000 |
| 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 4 636 500 |
| 7 522 500 | 524 750 | 527 000 | 529 250 | 531 500 | 533 750 | 536 000 | 538 250 | 540 500 | 542 750 | 7 545 000 |

Сл. 13.4. Поделба на листови на план во размер 1 : 2500.

Номенклатурата на шрафираниот лист во соодветната тригонометриска секција се состои од номенклатурата на таа секција и бројот на листот во неа (од 1 до 100).

За дадениот пример на сл. 13.4. таа изнесува 7Н10–25, односно Скопје 25.

13.2.4. Поделба на детални листови во размер 1 : 2000

Поделбата на листовите на планот во размер 1 : 2000, исто така, се добиваат од тригонометриската секција која се дели на 225 детални листови (15 реда и 15 колони). Листовите се нумерирани од 1 до 225 по редови како на сл. 13.5.

Големината на еден лист во природа изнесува 1500 x 1000 m, а големината на рамката на координатната мрежа е 75 x 50 cm и на неа се нанесува квадратна дециметарска мрежа и со една колона на правоаголници по Y оската. Имено, ако почетната Y координата на листот завршува со бројот 500, се нанесува почетен полудециметар (5 cm), а ако координатата завршува со бројот 1000, квадратаната мрежа почнува со дециметар.

7Н10 – 67, Скопје 67

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 4 650 000 | |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 4 649 000 | |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 4 648 000 | |
| 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 4 647 000 | |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 4 646 000 | |
| 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 4 645 000 | |
| 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 4 644 000 | |
| 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 4 643 000 | |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 4 642 000 | |
| 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 4 641 000 | |
| 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 4 640 000 | |
| 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 4 639 000 | |
| 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 4 638 000 | |
| 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 | 4 637 000 | |
| 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 4 636 000 | |
| 7 522 500 | 524 000 | 525 500 | 527 000 | 528 500 | 530 000 | 531 500 | ↑ | 533 000 | 534 500 | 536 000 | 537 500 | 539 000 | 540 500 | 542 000 | 543 500 | 7 545 000 |

Сл. 13.5. Поделба на листови на план во размер 1 : 2000.

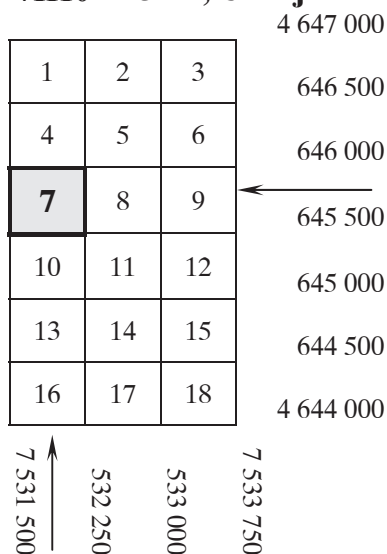
Номенклатурата на шрафираниот лист на сл. 13.5. изнесува 7Н10–67, односно Скопје 67.

13.2.5. Поделба на детални листови во размер 1 : 1000

Основата за поделба на листовите на планот во размер 1:1000 е листот на планот во размер 1 : 5000, притоа делејќи го на 18 листа: три колони и шест реда со броеви од 1 до 18, како што е на сликата 13.6.

Големината на еден лист во природа изнесува 750 x 500 m. Големината на рамката на координатната мрежа изнесува 75 x 50 cm, а се нанесува квадратна дециметарска мрежа со една колона од правоаголници по Y оската. Нанесувањето на мрежата ја започнуваме со 5 cm, ако почетната координата по Y оската на координатната мрежа завршува со бројот 50 m, а со 10 cm ако се завршува на 100 m.

7Н10 – 15 – 7, Скопје 15 – 7



Сл. 13.6. Поделба на листови на план во размер 1 : 1000.

Номенклатурата на шрафираниот лист на сликата 13.6. има општа ознака на листот во размер 1 : 5000, на кој паѓа листот и бројот на тој лист. Локалната ознака се зема од листот во размер 1 : 5000, на кој паѓа дадениот лист и бројот во него. За примерот на сликата 13.6. номенклатурата изнесува: 7Н10–15–7, односно Скопје 15 – 7.

13.2.6. Поделба на детални листови во размер 1 : 500

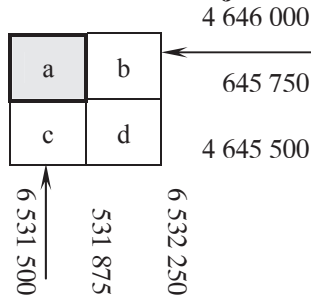
Поделбата на листовите на планот во размер 1 : 500 произлегува од листовите во размер 1 : 1000. Листот во размер 1 : 1000 се дели на четири листа во размер 1 : 500, т.е. во две колони и два реда. Листовите се означени со мали букви од абедата: a, b, c и d, како што е тоа покажано на сликата 13.7. Големината на еден лист во природа е 375 x 250 m. Големината на рамката на координатната мрежа изнесува 75 x 50 cm и во неа се нанесува квадратна дециметарска мрежа со една колона од правоаголници по Y оската. Нанесувањето на мрежата започ-

нува со 5 см, ако почетната Y координата завршува на 5 m, а со дециметар, ако се завршува на 10 m.

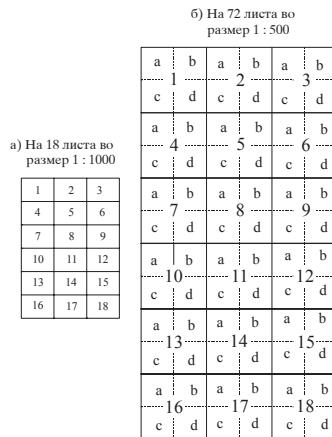
Општата ознака се добива кога на општата ознака на листот во размер 1:1000, на кој паѓа дадениот лист во размер 1:500, се додаде буквата со која е означен листот. Локалната ознака на листот 1 : 500 ја носи локалната ознака на листот во размер 1 : 1000, на кој паѓа и буквата со која е означен.

За да се дојде до поделба на листовите на планот во размер 1 : 500, најпрвин е потребно да се изврши поделба во размер 1 : 5000 во рамките на тригонометриската секција во која се паѓа листот, потоа да се изврши поделба во размер 1 : 1000, па дури потоа поделба на листовите во размер 1 : 500. Така еден лист во размер 1 : 5000 се дели на 72 листа во размер 1 : 500 (сл. 13.8).

7H15 – 15 – 7a, Скопје 15 – 7a



Сл. 13.7. Поделба на листови на план во размер 1 : 500.



Сл. 13.8. Поделба на лист во размер 1 : 5000 на листови во размер 1 : 500.

На крајот, треба да напоменеме дека во временскиот период од 1930 до 1948 година поделбата на листовите во размер 1:1000 и 1:500 се разликувала во однос на гореопишаната постапка за наведените размери. Главно, тоа се однесува на плановите изработени за територијата на Србија и Македонија. Бидејќи овие планови не се во употреба, нема да го опишеме начинот на ваквата поделба.

13.3. ТОПОГРАФСКИ КЛУЧ*

Знаејќи дека на геодетските подлоги се претставува релјефот на Земјината површина, како и објектите кои се наоѓаат на нејзината површина, формите на релјефот и објектите на картите и геодетските планови се претставуваат со соодветни топографски ознаки (топографски знаци). Името топографски го имаат добиено затоа што се употребуваат на топографските карти и планови.

13.3.1. Видови на топографски знаци

Конструкцијата и цртежите на топографските знаци се дадени во посебна книга која се нарекува *Топографски клуч*.

Знаците во топографскиот клуч се делат на:

- знаци во размер;
- условни знаци.

Знаци во размер. Тие се одликуваат со тоа што цртежот зависи од големината и обликот на претпоставениот објект. Се цртаат во ист размер во кој се црта и планот, а во границите на графичката точност на планот. Со цртежот во размер се претставуваат:

* Извадок од топографскиот клуч е даден на сл. 13.9.

- Објекти кои имаат физички линии на земјиштето, како што се огради и сидови, граници на култура, рабови на објекти и згради, т.е. пресеците на нивните линии со површината на Земјата, бреговите на водотеците, рабовите на коловозите, патиштата, шините на железничките пруги, карактеристичните рабови на каналите, насипите и сл. Потоа, објекти кои заземаат многу тесен појас од земјиштето, па во однос на размерот мора да се претстават со една линија, како што се тесните водени текови, патеки, нафтоводи, бедеми, долчиња и сл.

- Објекти кои немаат физички линии во природа, како што се границите на административната поделба (границите на општините, државата и сл.), потоа изохипсите и др. Тие линии ги нарекуваме замислени затоа што, навистина, на земјиштето не постојат, но се одредени или со помош на други физички линии (на пр. раб на патот, гранична линија на парцела итн.), или се конструираат на самиот план, на пр. конструкцијата на изохипсите, конструкцијата на средишната линија на реката кога границата оди по средината на реката итн.).

Условни знаци. Условните знаци не зависат од големината на објектот, туку, до некаде, само од обликот на објектот. Тие покажуваат од каков вид е објектот, а воопшто не ја означуваат неговата големина. Тоа значи дека сè што не може да се претстави на планот во размер, се претставува со условни знаци. Задачата на условните знаци е:

- да ги претстави одделните конкретни објекти со релативно мали димензии кои на планот не можат да се претстават во размер;

- со помош на нив да се изврши прегледно и јасно опишување на одделни делови на Земјината површина или, пак, намената на одделни објекти.

13.3.2. Видови на условни знаци

Условните знаци може да бидат:

- конкретни (индивидуални);
- описни;
- знаци со двојна примена.

Конкретните условни знаци (индивидуални) ги претставуваат објектите индивидуално и буквално, токму на местото на кое се наоѓаат во природата. Тие обично ја претставуваат средишната точка на објектот, односно местото каде што вертикалната оска на тој објект ја прободува рамнината на цртежот. Во самиот цртеж мора да се знае онаа точка која одговара на средишната точка на објектот. На пример: геодетските точки, бунари, патокази, шахти, гранични столбови и др.

Мора да се знае дека со мерењето на овие знаци не може да се дознае големината на објектот кои тие го претставуваат, туку може да се мерат растојанијата од таквите објекти, претставени со конкретни знаци, до друг објект или до објектот во размер.

Описните условни знаци ја истакнуваат намената и видот на објектот или назначуваат дека на некоја површина, која е ограничена, постојат многу објекти од ист вид или го означуваат карактерот или природата на објектот или видот. Тука спаѓаат:

- ознаката на зградите кои служат во религиски цели: крст, полумесечина, Давидова ѕвезда;

- ознаките на зградите, објектите, постројките и уредите, на пр.: знаменце, еленски рог (планинарски дом), молња (трафостаница), чад (фабрички оџак), сидро (пристаниште), симболи кои се вртани на основните комуникациски објекти или, пак, покрај нив итн.;

- разни шрафури за ознаките на намената на зградата, за падни линии на земјишните објекти (насипи и засеци), за водени површини итн.;

- знаци за вегетација и култури (пасишта, ливади, овоштарници, лозја итн.);

- знаци на оградите да го означат видот на оградата;

- знаци за граници (административни и државни);

- знаци за песок, шљунак, лизгалиште, неплодни земјишта и др.

Во однос на употребата, описните знаци може да се поделат на:

- самостојни описни знаци кои се употребуваат сами и независно од другите знаци, на пример: знаците за вегетација, гробишта, вид на тлото и сл.;

- несамостојни, споени, описни знаци кои се поставуваат секогаш како додатоци, придружници на конкретните знаци во размер за разните видови на објекти, а се означуваат и карактерот и видот и намената на објектот, на пр.: знаци за видот на оградата, знак за висечки мост, разни шрафури, за згради, за водени површини, разни форми на релјеф и др.;

- знаци кои имаат двојна примена, па се употребуваат како конкретни, а некогаш и како описни, на пр.: знаци за гробишта и одделни знаци за осамени гробови, знак за шума и за одделни дрвја, знак за камењар и за осамен камен итн. Ако се употребуваат како конкретни, се цртаат со сенки, а ако се употребуваат како описни, тогаш се цртаат без сенка.

13.3.3. Употреба на топографски клуч

Во поглед на употребата на знаците во топографскиот клуч (сл. 13.9.), важат следните упатства:

1. Димензиите на знаците во конкретни цртежи се дадени во десетти делови на милиметарот.

2. Ако редниот број на знакот е означен со ѕвезда, тоа значи дека изборот на знакот зависи од размерот на планот. Поголемите димензии важат за размер 1 : 500 и 1 : 1000, а помалите за размер 1 : 2500 и 1 : 2000.

3. Ако редниот број на знакот не е обележан со ѕвезда, тогаш изборот на знакот не зависи од размерот на планот, туку од големината на објектот во цртежот, а тоа значи дека може да има различни димензии без разлика на планот.

4. Ознаката X е ставена кај оние условни знаци кои се ориентирани конвенционално кон север.

5. Таму каде што има разлика во цртежот на скицата на детаљот и на планот, во клучот е даден посебен цртеж за деталната скица.

6. Кога димензиите се дадени d_{\min} или d_{\max} , тоа значи дека е дадена долната граница, под која не може да се оди, или горната, која не може да се пречекори во цртањето на знакот.

7. Ако не е назначена дебелината на линијата, секогаш се црта со дебелина 0,1 mm.

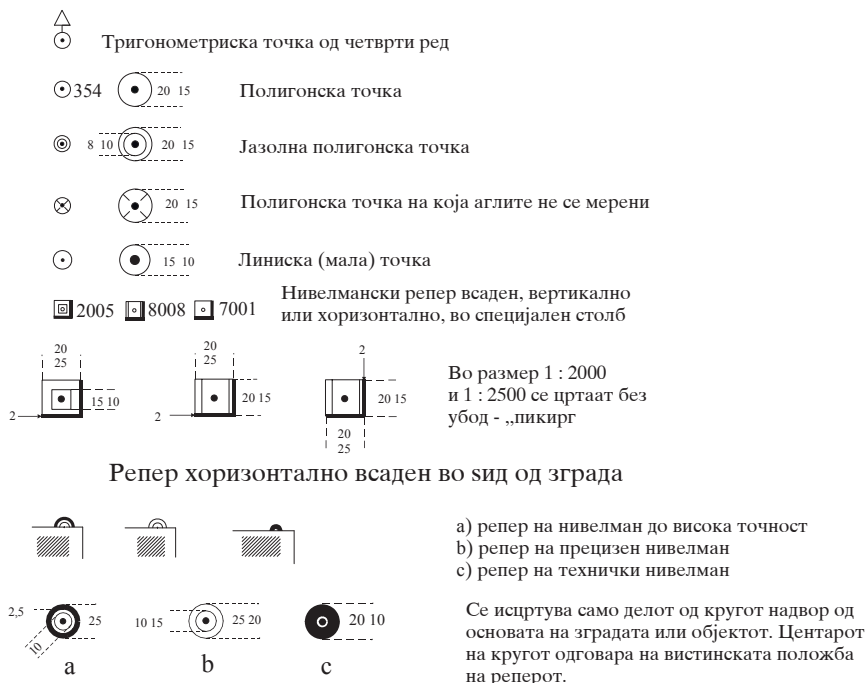
8. Знаците кои се одвоени со вертикална подебела линија претставуваат знаци на плановите кои се користеле во периодот од 1930 до 1956 година.

9. Ознаката ОХ се става на оние комбинирани знаци кај кои еден дел е ориентиран вистински, како на пр. основа на зграда ориентирана како што е во природа, а другиот описен дел на знакот задолжително е ориентиран кон север, на зградата, ознаката за фабрички оџак и сл.

Деталните упатства и објаснувања се дадени во самиот топографски клуч до самите знаци и цртежи.

Потребно е да се знае дека ниеден цртеж, кој претставува објекти во размер, за кој постојат знаци, во клучот не може да биде изоставен во плановите во размер 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 или 1 : 2500.

Во прилог 8 е даден извадок од дигиталниот топографски клуч кој се употребува при исцртување на знаците на геодетските планови но исто така има и картографски клуч кој се употребува при изработката на топографски карти.



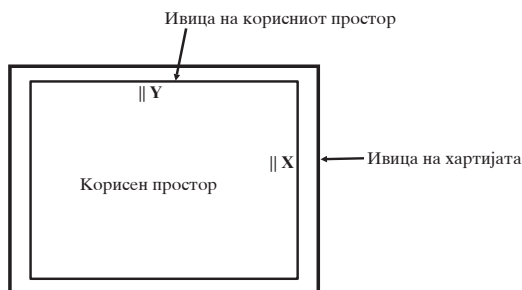
Сл. 13.9. Некои примери на исцртување на геодетски точки и репери на план.

13.4. КООРДИНАТНА МРЕЖА

13.4.1. Намена и изглед на координатната мрежа

Во претходната глава рековме дека положбата на секој лист, на кој ќе се црта содржината на топографскиот план мора да има точно дефинирано место и положба во однос на државниот координатен систем. За да се дефинира положбата на секој лист, потребно е да се одредат координатите на почетокот и на крајот по едната и другата координатна оска. Тоа значи дека секој лист има димензии на својата рамка, кои зависат од размерот на планот. Покрај тоа, секој лист мора да има свое обележје кое се нарекува *номенклајџура* на листот.

Значи, кога станува збор за големината на топографскиот план, тогаш секогаш се мисли на оној рамковен дел на кој се црта планот, а не на големината на хартијата. Тој простор се нарекува корисен или работен простор (сл. 13.10.).



Сл. 13.10. Корисен простор на листот на планот.

Од ова може да се заклучи дека планот не се изработува и исцртува до работ на хартијата, туку само до работ на корисниот простор, односно рамката на листот која е обележана. Оваа рамка подеднакво е оддалечена од работ на хартијата (или пластичната фолија) и е со правоаголна форма. Страните на рамката на корисниот простор претставуваат паралелни линии на координатните оски Y и X. Просторот надвор од рамката останува без цртеж и се нарекува слободен простор, чија ширина изнесува 4 до 6 см. Цртежот на планот може да помине во слободниот простор само во исклучителни ситуации и тоа во случај кога се работи за мал дел на детаљ кој може да се собере во слободниот простор и воедно тука да се завршува детаљот, на пр. граница на катастарска општина.

Инаку, слободниот простор служи за пишување на разни називи, наслови, податоци, координати, номенклатурата и др. Големината на корисниот простор е во зависност од размерот на планот. Во табелата 13.2. се дадени вредностите на големината на корисниот простор по едната и другата координатна оска во природна големина и во соодветен размер на планот, изразени во сантиметри. Покрај тоа, за секој размер на планот е запишана и површината на корисниот простор на листот, како и големината на хартијата или пластичната фолија на која се изработува планот.

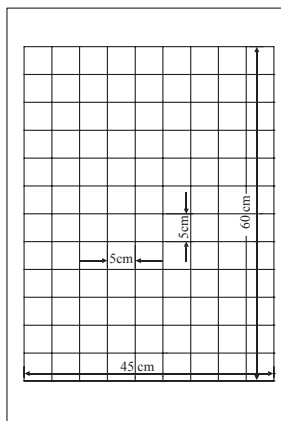
| Размер на планот | Големина на корисниот простор | | Големина на корисниот простор во размер | | Површина на листот во размер | Големина на хартијата у/х |
|------------------|-------------------------------|-----------|---|-----------|------------------------------|---------------------------|
| | по у оска | по х оска | по у оска | по х оска | | |
| | [mm] | [mm] | [m] | [m] | [h] | [cm] |
| 1 : 5000 | 45 | 60 | 2250 | 3000 | 675,00 | 51/73 |
| 1 : 2500 | 90 | 60 | 2250 | 1500 | 337,50 | 102/73 |
| 1 : 2000 | 75 | 50 | 1500 | 1000 | 150,00 | 84/59 |
| 1 : 1000 | 75 | 50 | 750 | 500 | 37,50 | 84/59 |
| 1 : 500 | 75 | 50 | 375 | 250 | 9,375 | 84/59 |

Како што е веќе нагласено, контурите на корисниот простор се, всушност, паралелни линии со координатните оски Y и X кај кои се познати координатите на почетокот и на крајот на тој корисен простор. Тоа ѝ овозможува на секоја точка, за која се познати координатите, да може положбено да се дефинира на кој лист припаѓа и како таква да ја нанесеме на тој лист. Заради полесно нанесување на точката со помош на координати, а и заради други практични причини, за кои подоцна ќе биде објаснето (пресметување на површини, отчитување на координати, картирање), целиот корисен простор се исцртува со мрежа која, главно, ја сочинуваат дециметарски квадрати. Таа, во практика се нарекува дециметарска или квадратна мрежа. Во корисниот простор на листот не се цртаат само квадрати, туку и правоаголници со големина половина од дециметарот, што ќе биде објаснето на одделни примери.

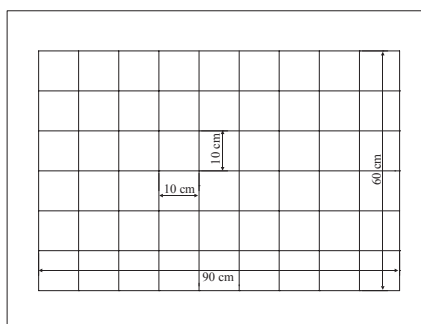
Рамката и мрежата на квадрати и правоаголници ја сочинуваат таканаречената координатната мрежа, која во суштина е математичка основа за изработка на планот.

Изгледот на координатната мрежа зависи од размерот на листот. Така, на план во размер 1 : 5000, координатната мрежа е во рамка по Y оска од 45 cm, а по X оска 60 cm, додека, пак, мрежата е составена од квадрати со големина од по 5 cm (сл. 13.10.).

Плановите со размер 1 : 2500 имаат координатна мрежа: рамка по Y оска 90 cm, а по X оска 60 cm, додека квадратната мрежа ја сочинуваат квадрати со страни со големини од по 10 cm (сл. 13.12.).



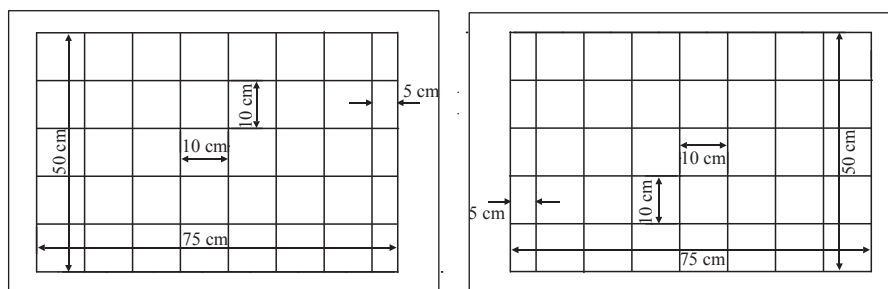
Сл. 13.11. Изглед и димензии на координатна мрежа на план во размер 1 : 5000.



Сл. 13.12. Изглед и димензии на координатна мрежа на план во размер 1 : 2500.

Плановите во размер 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500 имаат иста рамка на корисен простор со иста големина, и тоа по Y оската од 75 cm, а по X оската 50 cm. Меѓутоа, имајќи ја предвид големината на страната на корисниот простор по Y оската, координатната мрежа на листовите на плановите на наведените размери се состои од дециметарски квадрати и една колона, од левата или десната страна, потоа од исправени правоаголници со страници паралелни со X оската од 10 cm и Y оската од 5 cm (сл. 13.13.). Дали координатната мрежа по Y оската ќе започне со квадрат или правоаголник, зависи од размерот на планот и од

вредноста на координатата по Y оската на долниот лев агол на рамката на листот.



Сл. 13.13. Изглед и димензии на координатната мрежа на план во размер 1:2000, 1:1000 и 1:500.

Табела 13.3.

| Размер на планот | Ординатата на левиот агол завршува на m | Ширината на крајната колона на координатната мрежа (cm) | |
|------------------|---|---|-------|
| | | лево | десно |
| 1 : 500 | 00 | 10 | 5 |
| | 50 | 10 | 5 |
| | 25 | 5 | 10 |
| | 75 | 5 | 10 |
| 1 : 1000 | 00 | 10 | 5 |
| | 50 | 5 | 10 |
| 1 : 2000 | 000 | 10 | 5 |
| | 500 | 5 | 10 |

Во табела 13.3. е даден прегледот на крајните колони за плановите на наведените размери, кој се утврдува по завршената поделба на листовите, а пред нанесувањето на мрежата на листовите.

13.4.2. Изработка на координатна мрежа

За изработка на план чија подлога е хартија или пластична фолија прво мора да се нанесат математичката основа – координатната мрежа, која се состои од рамка и мрежа на квадрати, односно правоаголници.

Пред да поминеме на изработка на координатната мрежа, ќе воведеме уште еден, во практика одомаќинет, стручен поим *картирање*. Картирање е изработка на план или карта врз основа на податоците добиени од премерот. Значи, при картирањето на некој премер, мора најнапред на хартијата да се нанесе рамката на листот со точно одредени димензии, чии страни се под прав агол. По нанесувањето на рамката на листот, се нанесува т.н. квадратна, односно дециметарска мрежа (квадрати и правоаголници).

Квадратната мрежа може да се нанесе на три начини:

- со помош на дијагонали (обичен начин);
- со помош на шаблон;
- со помош на голем координатограф.

Кој од овие три начини ќе го избереме, зависи од значењето на картирањето на премерот и од приборот со кој располагаме. Така на пример, за картирање на детаљ на земјиште од помал обем, за потребите на инженерската геодезија и сл. ќе користиме, во недостаток на голем координатограф, една од првите две методи, додека за потребите на државниот премер, координатната мрежа се изработува со помош на голем координатограф.

А) Нанесување на мрежа со помош на дијагонали

Ова е наједноставен начин за конструкција. Од приборот потребно е да се има еден метален линијар со должина од 1,2 до 1,4 m, на чиј раб е нанесена поделба на милиметри или полумилиметри. На тој линијар е додаден уште еден мал правоаголен триаголник со соодветен нониус и игла за пикирање (сл. 13.14.) За повлекување на црти по планот, при картирањето се употребува молив со цврстина 6H – 8H, заострен во форма на клин.



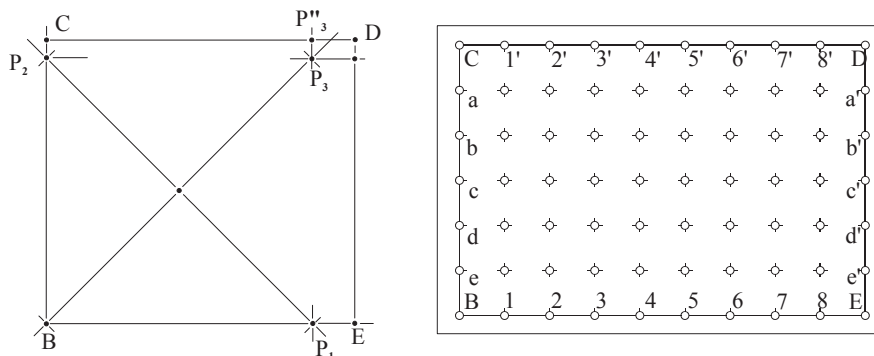
Сл. 13.14. Прибор за конструкција на рамката на листот (линијар и мал правоаголен триаголник).

Процес на работа. На подлогата за картирање со молив покрај линијарот се повлекуваат две линии кои дијагонално ги поврзуваат аглиите на подлогата – хартијата (сл. 13.15a.). Пресекот на дијагоналите е точка А, која се обележува со фино забивање на пикирната игла. Од овој пресек, на сите страни по дијагоналите, ја нанесуваме половината од должината на дијагоналата на рамката на идниот лист и ќе ги добиеме точките В, P_1 , P_2 и P_3 , кои, исто така, се пикираат со иглата. Нанесувањето на должините на полудијагоналите се врши така што линијарот се поставува паралелно со линијата, а работ на триаголникот со нониус се поставува на точката А и се чита неговата по-ложба на линијарот. На тоа читање се додава саканата должина на половината на дијагоналата од листот, а триаголникот се поместува на тоа читање на поделбата на линијарот и секоја точка се пикира на тој начин.

Добиените точки се поврзуваат покрај линијарот со остриот зашилен молив, при што се добива правоаголникот чии дијагонали се еднакви, односно неговите страни стојат точно под прав агол.

Доколку страниците на така добиениот правоаголник не одговараат на димензиите на рамката на листот, тогаш треба да се коригираат. Тоа се прави така што линиите на страниците се продолжуваат или скратуваат на потребните димензии на рамката на листот (на пр. 45 x 60 или 75 x 50 или 90 x 60 cm). Една од точките ја прифаќаме како фиксна (на пример В), а со помош на P_1 , P_2 и P_3 ќе ги поместуваме димензиите на рамката на листот. Прво, страната BP_1 (сл. 13.15b.), ќе ја продолжиме и ќе ја коригираме за должината на страната по Y оската на листот и така добиената точка Е ја пикираме. Потоа од точката В преку P_2 се продолжува страната за должината на страната по X оската и се добива точка С која се пикира. Така добиваме три темиња на рамката на листот. Четвртото теме ќе го добиеме на следниот начин: страната P_2P_3 ќе ја продолжиме и ќе ја нанесеме должината на рамката по Y оската, така се добива помошна точка P'_3 која ќе ја испикираме. Истото тоа го правиме и за страната P_1P_3 , па во продолжението кај точката P_3 ја нанесуваме должината на листот по X оската и ќе ја добиеме помошната точка P''_3 , која, исто така, ќе ја испикираме. Од точката С и Е преку точките P'_3 и P''_3 повлекуваме линии кои ќе

се пресечат во точката D, која, исто така, ќе ја пикираме. Така го добиваме и четвртото теме од рамката на листот.



Сл. 13.15. Начин на конструирање на координатна мрежа.

Точноста на конструирањето се контролира така што со линијар се мерат должините на дијагоналите (BD и CE) на листот. Разликата меѓу измерените должини и пресметаните вредности на дијагоналите може најмногу да изнесува 0,2 mm и тогаш сметаме дека рамката е нанесена добро. Во спротивно, треба да се отстрани причината за несогласувањето на должините на дијагоналите. По ваквата контрола, добиените точки B, C, D и E со молив се поврзуваат и се добива рамката на листот, чии соседни страни, меѓусебно, потполно се под прав агол.

Потоа ја нанесуваме дециметарската мрежа, одејќи од B кон E и од точката C кон D (по Y оската) покрај линијарот, со помош на триаголник со нониус и пикир се нанесуваат должините од 10 или 5 cm и се обележуваат со пикирот. Тоа се точките 1, 2, 3, ... 1', 2', 3', На истиот начин, одејќи од B кон C, и од E кон D, ги обележуваме точките a, b, c, ..., a', b', c', На крајот, покрај линијарот се поврзуваат спротивните точки 1 со 1', 2 со 2', ... и a со a', b со b', ... , така ќе ја добиеме дециметарската мрежа по целиот лист. Пресеците на извлечените линии на дециметарската мрежа, исто така, треба да се испикираат. Контролата на дециметарската мрежа се врши со мерење на двете дијагонали на дециметарскиот или полудециметарскиот квадрат. Ако дијагоналите се исти или се разликуваат до 0,2 mm од пресметаната дијагонала, тогаш мрежата е конструирана добро.

Дециметарската мрежа служи за нанесување на сите тригонометриски и полигонски точки по координати, кои паѓаат на површината на листот. Имено, од рамката на дециметарскиот квадрат, во кој точката паѓа со обѕир на своите координати, ќе се нанесуваат одделните координатни разлики на точките од долниот лев агол на дециметарскиот квадрат. Детално објаснување на оваа постапка ќе биде дадено подоцна, при објаснувањето за нанесувањето на геодетските точки на планот со помош на координати.

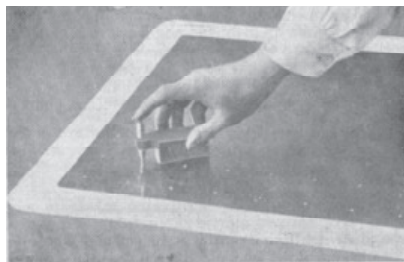
Б) Нанесување на мрежа со помош на метална плоча–шаблон

За овој начин на нанесување на координатна мрежа служи специјално изработена плоча–шаблон. Таа се изработува од месинг или алуминиум со дебелина од 3 mm. Надворешната големина на плочата изнесува 105/75 cm, а работната површина 100/70 cm, со мрежа на квадрати со рабови од по 10 или 5 cm. За други потреби се прават плочи со различни големини, како на пр. 60/50 cm, а тежината на плочата со големина 100/70 cm изнесува 2,6 kg. Работната површина на плочата е издупчена со дупчиња на темињата на квадратите со дијаметар од 3 mm. Низ овие дупчиња може да се повлече игла за пикирање, која се наоѓа во метален цилиндар, кој е споен со држач (сл. 13.16.). Долниот дел од цилиндарот има дијаметар од 3 mm и тој се вовлекува во темињата на дупчињата на плочата.

Постапка при работата. Нанесувањето на дециметарската мрежа со оваа плоча се врши брзо и едноставно, а точноста е задоволителна. Плочата треба да се стави преку хартијата за цртање на планот, така што целата мрежа да биде во средината на листот, односно да биде подеднакво оддалечена од рабовите на хартијата. Шаблонот се прицврстува за хартијата со специјални стегачи за да не се помрдне во текот на пикирањето на мрежата. Темињата на точките од рамката и дециметарската мрежа се пикираат со притискање на иглата одозгора. Бидејќи пикирната игла е врзана со федер, таа сама ќе се врати во првобитната положба пред притискањето. Големината на пробивањето може да се регулира, па така сите пикири ќе бидат со

иста големина. Држачот на иглата помага да се постигне и точна нормалност на иглата и рамнината на плочата.

Контролата на вака нанесената мрежа се врши со проверување на пикирите дали лежат на ист насока. Отстапувањето на пикирот од правецот не смее да биде поголемо од 0,1 mm. Покрај тоа, се контролираат двете дијагонали на рамката на листот и неколку призвољно избрани квадрати од мрежата и нивната разлика не смее да биде поголема од 0,2 mm.



Сл. 13.16. Направа за нанесување на координатна мрежа – шаблон.

В) Нанесување на координатна мрежа со голем координатограф

Координатната мрежа најточно и најбрзо се нанесува со голем координатограф. Предноста на овој начин е во тоа што истовремено и со иста точност се нанесуваат координатната мрежа и геодетските точки на листот на планот, како и точките на детаљот на земјиштето за кои се пресметани координатите.

Според конструкцијата постојат два основни вида на големи координатографи, и тоа:

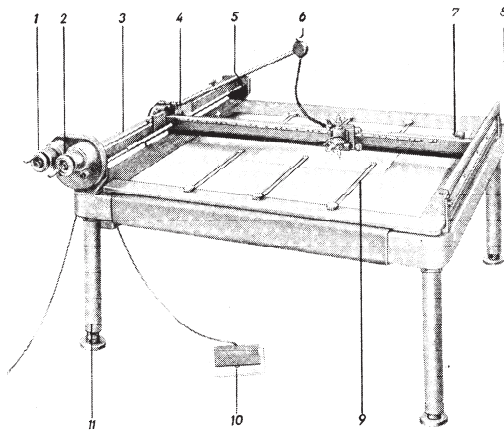
- механичка конструкција (класичен);
- автоматски (електронски).

В.1) Механички координатограф

Постојат неколку вида на механички координатографи во зависност од времето кога се конструирани и од производителот. Без разлика на производителот и типот современиот голем

координатограф се состои, главно, од ординатен линијар (В) со должина од околу 1 m, по кој се лизга апсцисниот линијар (А) со должина од околу 0,7 m. Инаку, овие два линијари меѓусебо се нормални, односно треба да се под прав агол. По линијарот (В) се поместува пикирна игла (Р) или пикир–микроскоп (сл. 13.17.). Пикир–микроскопот го обединува микроскопот и пикирната игла во една целина и овозможува пикирање на точките и контрола на пикирањето. Пикир–иглата се наоѓа пред објективот на микроскопот и е невидлива кога гледаме низ окуларот на микроскопот. Пикирањето се врши со притискање на окуларот.

Кога гледаме низ микроскопот, ја гледаме маркицата која служи за контролирање на испикираните точки. На апсцисниот и координатниот линијар е изгравирани поделба, а на подвижните делови се наоѓаат соодветни нониуси. Кај прецизните координатографи до линијарот А е додадена и назапчена осовина, по која, заедно со линијарот В, се движи запчаник кој се врти при движењето на тој линијар. Со помош на посебен индекс со нониус, прицврстен на носачот на линијарот В, се отчитуваат на барабанот големината на поместувањето на тој линијар, во полни обрти на барабанот и делови од движења (вртења). Ист таков уред е додаден до иглата за пикирање за отчитување на големината на нејзиното поместување низ линијарот В.



Сл. 13.17. Голем координатограф (механички).

На некои современи координатографи, апсцисниот и ординатниот линијар се заменети со вретена со соодветна должина. Ординатното вретено е споено нормално на апсцисното вретено со помош на матица, која се наоѓа на апсцисното вретено (спирала). На ист начин, до ординатното вретено, со матица е споена пикрната игла. Со вртењето на апсцисното вретено се поместува и матицата, а со неа и ординатното вретено, со чие вртење се движи и пикрната игла. Поместувањето во насоката на апсцисата (ординатното вретено) и во насоката на ординатата (игла за пикирање), се отчитуваат во износи на вртења на едното и другото вретено, пресметано во износите на линеарни поместувања (сл. 13.18.).

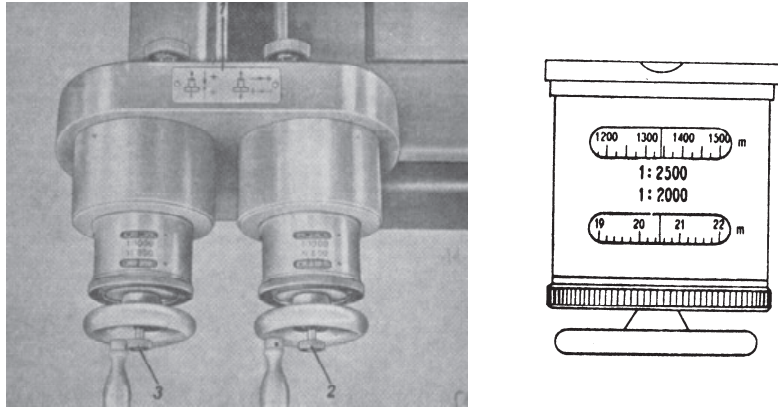
Пред да се започне со работа со координатографот мора да се испитаат следниве услови:

1. Количката која ја носи пикрната игла и апсцисниот линијар треба да се движи по права линија. Тоа се проверува на тој начин што се пикираат низа на точки кои се паралелни со апсцисниот и ординатниот линијар. Со посебен метален линијар се контролира дали овие точки нависитина лежат на права линија. Ако лежат, условот е задоволен, а во спротивно координатографот треба да се врати. Пред испитувањето на овој услов треба да се провери дали иглата е права или крива (свиткана). Ротирајќи ја иглата 4 пати околу својата оска за 90° , пикираме една иста точка за секое ротирање. Ако секогаш добиваме ист пикир, иглата е права, во спротивно иглата треба да се смени.

2. Поделбите на размерниците треба да се точни при температура од $+20^\circ\text{C}$. Се проверува на тој начин што при температура од $+20^\circ\text{C}$ се пикира низа на точки кои се на што поголемо меѓусебно растојание. Ова растојание треба апсцисно да се прочита на координатографот и да се запише. Потоа со помош на прецизен размерник се мерат овие исти растојанија и треба да ги споредиме со читањата од координатографот. Ако разликата е поголема од $\pm 0,1\text{mm}$, координатографот не е за употреба.

3. Дали апсцисниот линијар е нормален на ординатниот? Овој услов се испитува така што на цртачката хартија ќе се нанесе што поголем правоаголник. Со прецизен размерник се

мерат дијагоналите на овој правоаголник. Ако дијагоналите се со исти должини или не се разликуваат повеќе од 0,1 – 0,2 mm, тогаш условот е исполнет. Евентуалното отстапување, т.е. ненормалноста на овие осовини, може да се поправи со помош на корекционите винтови кои овозможуваат ползбата на апсцисниот линијар да се помести во однос на ординатниот линијар.



Сл. 13.18. Врејена кај големиот координатнограф со моделба.

Принцип на работа. На плочата на работната маса на координатографот се поставува цртачка хартија (или фолија) и се прицврстува со леплива лента. Пред почетокот на нанесувањето на координатната мрежа, положбата на цртачката хартија се одредува и привремено обележува со молив, за да биде подеднакво оддалечена координатната мрежа од спротивните страни на хартијата. Лизгачите кои ја носат пикирната игла, како и лизгачите кои се движат по X оската треба да ги поместуваме внимателно и никогаш пребрзо, а особено не треба нагло да се повлекуваат, за да не дојде до оштетување на хартијата. Точките можат, во зависност од конструкцијата, да се пикираат со рачно притискање или со притискање на стапалото на електричен прекинувач кој се наоѓа под масата (сл. 13.17.).

Со поместување на ординатниот линијар (B) и иглата за пикирање (P) на соодветни отчитувања со пикирање се нанесуваат: рамката на листот, дециметарската мрежа и сите тригонометриски и полигонски точки. Дециметарската мрежа ја нанесуваме по следниот редослед: прво се нанесуваат точките од

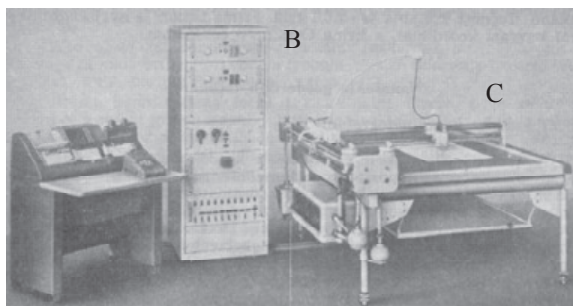
еден цел ред по една од оските, на пр. Y оска, па потоа следниот ред и така сè до крајот. При ваквата работа треба да се оди од левата страна кон десната, а во следниот ред од десно кон лево. Точките се нанесуваат по редови за да има што помалку движења со количката на координатографот. Прободите на пикирната игла се заокружуваат со молив, а координатите на темињата се испишуваат од јужната и источната страна на рамката на листот. Точноста на нанесувањето на мрежата, со помош на големиот координатограф, изнесува 0,02 mm. Контролата на нанесувањето се врши така што наместо пикирната игла се става микроскопот и со помош на центарот на кругот на микроскопот се вршат отчитувања на координатите на пикирните точки. Разликата меѓу прочитаните и вистинските координати не смее да ја помине вредноста од $0,05 \text{ mm} \cdot M$, каде што M претставува именител на размерот.

На крајот за секој лист ќе се запише општата и локалната номенклатура, како и неговиот размер.

В.2) Автоматски координатограф

Во поново време сè повеќе се употребуваат конструкциите на големите координатографи со електронски уреди, со што е овозможено автоматско нанесување на точките: темињата на рамката, дециметарската мрежа, тригонометриските и полигонските точки, како и точките на детаљот, доколку за нив има пресметано координати.

Еден координатограф се состои од три дела: работна маса со тастатура, компјутер – насочувач (В) и координатограф (С) (сл. 13.19.).



Сл. 13.19. Автоматски голем координатограф.

Принцип на работа. Овој уред работи по принципот на координатни поместувања. За секоја точка која треба да се нанесе на листот на планот, претходно се внесуваат координатите на точката на тастатура, кои се пренесуваат до компјутерот на носачи на меморија (издупчени картици, магнетни ленти, дискети, компакт-дискови). Потоа од овие носачи на меморија, електронски се вчитуваат во компјутерот од каде по пат на претходно подготвен софтвер за нанесување на координатната мрежа и геодетските точки, односно по пат на наредби (инструкции) од овој софтвер автоматски се пренесуваат до координатографот со кој е поврзан со соодветни електронски врски. На координатографот однапред се подготвува хартија на која ќе се црта планот. Брзината на движењето на пикирната игла кај овие координатографи е различна, почнувајќи од 30 mm/s, па до 100 mm/s, во зависност од типот на координатографот и софтверот (програмот) со кој се врши нанесувањето на геодетските точки.

Точноста на картирањето е $\pm 0,1mm$. Координатната мрежа се контролира по пат на мерење на дијагоналите на рамката на листот и дециметарската мрежа. Разликата меѓу измерените и пресметаните должини на дијагоналите на рамката и дециметарската мрежа не смее да биде поголема од $\pm 0,1mm$. Ваквата контрола се спроведува непосредно по нанесувањето на дециметарската мрежа на еден лист.

13.4.3. Контрола на изработка на координатна мрежа

Веќе стана збор за контролирањето на координатната мрежа во зависност од начинот на нејзината изработка. Тука ќе биде нагласено за контролирањето на точките нанесени со голем координатограф кој има микроскоп со пикир-игла. Така нанесените точки може да се проверат со неведување на маркицата на микроскопот на пикирите и да се читаат координатите. Разликата меѓу дадените и прочитаните координати не смее да ја премине големината Δ_l , т.е. мора да се исполни условот:

$$\Delta_l \leq 0,05mm \cdot M ,$$

и тоа под услов хартијата да ги нема променето своите димензии.

Ако листот ја променил својата димензија, тогаш ја проверуваме положбата на темињата со метален линијар по правците на оските на координатниот систем или по дијагоналите. Самиот линијар мора да биде проверен, т.е. мора да се утврди дали работ е прав. Темињата на координатната мрежа се испитуваат, така што се проверува дали темињата лежат на права линија, т.е. дали работ на линијарот ги допира сите пикири.

13.4.4. Нанесување на геодетски точки

Постојат два начини на нанесување на геодетски точки (тригонометриски, полигонски и линиски) на план, и тоа:

- со голем координатограф;
- дополнително нанесување со едноставен прибор.

Со голем координатограф, веднаш по нанесувањето и контролирањето на координатната мрежа, не поместувајќи ја хартијата на масата на координатографот, прво со молив треба да се испишат координатите на темињата на рамката на листот. Овие вредности се преземаат од скицата на полигонската мрежа каде што е извршена поделбата на листови. Потоа од тие податоци се пресметуваат и се испишуваат координатите за секое теме од координатната мрежа. Сите овие податоци ги испишуваме со молив, надвор од корисниот простор на листот, и тоа по апсцисата од левата и од десната (источна и западна), а за ординатата, само од долната страна на рамката.

За секој лист се подготвува посебен образец бр. 25 во кој се запишани координатите за сите оние точки кои се наоѓаат на еден лист, како и за оние кои се во непосредна близина на рамката на листот и ќе се користат за картирање на детаљот.

Кога ја имаме завршено оваа подготовка, координатографот се наместува така што линеарните вредности на неговата поделба да одговараат на вредностите на координатите кои се испишани по рамката на корисниот простор. По ваквата про-

верка геодетските точки се нанесуваат со местeње на соодветните вредности на координатите, за секоја точка посебно.

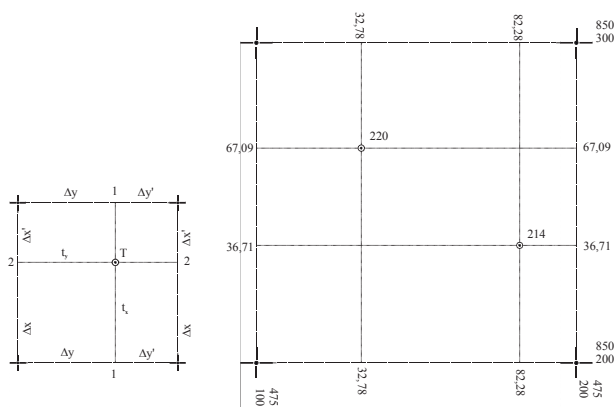
За време на нанесувањето на точките, одвреме навреме, се врши проверка дали хартијата се изместила. Оваа проверка се врши со наведување на центарот на кругот во микроскопот на пикирите на темињата на листот. Отстапувањето не смее да ја премине големината $0,1 \text{ mm} \cdot M$, каде што M претставува имени-тел на размерот. Доколку се појави поголемо отстапување, нанесувањето мора да се повтори на нов лист.

Дополнителното нанесување на геодетските точки е со едноставен прибор, а тоа се случува кога при нанесувањето на мрежата со големиот координатограф за некои геодетски точки ги немаме пресметано нивните координати или, пак, ако некои точки се нанесени погрешно.

Од приборот се користи метален размерник, координатограф за картирање на детаљ, снимен по ортогонална метода и така наречени Мајзекови триаголници.

Тука ќе биде објаснета само постапката на нанесување со помош на метални размерници додека, пак, нема да биде објаснета постапката за работа со останатиот прибор за дополнително нанесување на геодетските точки.

Нанесувањето на геодетските точки со помош на метален размерник се врши со помош на трансверзали. Најпрвин страниите на дециметарскиот квадрат или правоаголник, во кој паѓа нашата точка, се извлекуваат со молив, прецизно и строго центрирано низ темињата, односно пикирите на темињата. На овие страници се нанесуваат разликите, односно релативните координати ΔY и ΔX и нивните дополнувања $\Delta Y'$ и $\Delta X'$ до полна страница (сл. 13.20а.). Со спојувањето на трансверзалите t_y и t_x , во пресекот ќе се добие бараната точка Т.



Сл. 13.20. Нанесување на геодетски точки со помош на трансверзали.

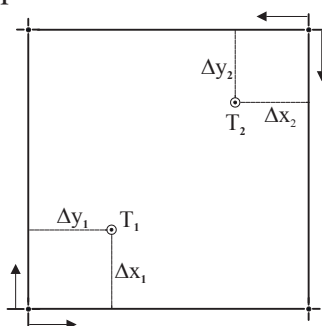
Пример 13.1: На сл. 13.20b. е илустриран практичен пример за постапката при нанесување на геодетските точки. Прво е потребно да се одреди во кој квадрат или правоаголник ќе падне нашата полигонска точка $\odot 220$. Кога ќе го одредиме квадратот или правоаголникот, со остар молив се извлекуваат контурите на страните на квадратот или правоаголникот. Потоа се пресметуваат разликите ΔY меѓу вредноста по Y оската на точката $\odot 220$ и долниот лев агол на квадратот. Во конкретниот пример тоа изнесува $475132,78 - 475100 = 38,78$ m и оваа вредност ја нанесуваме по Y оската со размерник по горниот и долниот раб на квадратот. Аналогно, се одредува разликата по X оската за $\odot 220$ и левото долно теме на квадратот $850267,09 - 850200 = 67,09$ m и оваа вредност ја нанесуваме по левиот и десниот раб на квадратот. Со молив ги спојуваме нанесените должини и во пресекот на овие трансверзали ја добиваме точката $\odot 220$. Овој пресек се пикира со пикирна игла, се заокружува пикирот и со молив се испишува топографската ознака и бројот на точката.

13.4.5. Контрола на положбата на геодетските точки на планот

Положбата на геодетските точки кои ги нанесовме на планот со помош на координати мора да се контролира без разлика на кој начин се нанесени.

Еден од начините на контрола е читањето на релативните координати во квадратот или правоаголникот од координатната мрежа во кој се наоѓа точката.

За контролирање на релативните координати треба со молив да се извлечат сите рабови на квадратот или правоаголникот. Со трансверзален размерник се прочитуваат разликите ΔY и ΔX , одејќи од долниот лев агол кон точката или од горниот десен агол кон точката. Со други зборови, се чита или остатокот на координатата или дополнувањето до полната вредност на станицата на квадратот или правоаголникот, и тоа она читање кое е помало по својата вредност (сл. 13.21.). Разликата на прочитаните и вистинските вредности на координатите, не смее да ја премине вредноста $d \leq \pm 0,2mm \cdot M$, каде што M е именител на размерот.



Сл. 13.21. Контролирање на нанесените геодетски точки со релативни координати.

Вториот начин на контрола е споредување на должините и координатните разлики меѓу две нанесени геодетски точки, односно контролирање на полигонските страни во еден полигонски влак, вклучувајќи ги и тригонометриските (како крајни точки на влакот). Должините од планот се контролираат секогаш со измерените должини на терен, кои се редуцирани на хоризонтот. Должините на полигонските страни кои се редуцирани на хоризонт, се земаат од тригонометрискиот образец

бр.19. или се пресметуваат од координатните разлики по формулата:

$$d_r = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}.$$

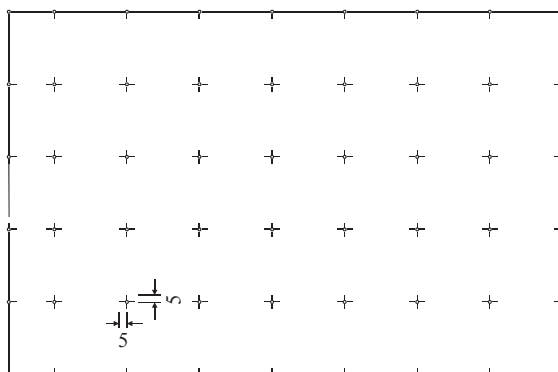
Доколку разликата на овие должини $f_d = d_r - d_{pl}$, по апсолутна вредност не ја преминува границата на дозволеното отстапување Δ_{kart} , т.е. $f_d \leq \Delta_{kart}$, точките се нанесени добро. Во спротивно, нанесувањето на точките треба да се провери и повторно да се нанесе точката за која ќе се утврди дека е погрешно нанесена на планот.

Претпоставка за ваквата контрола на нанесувањето на геодетските точки е дека хартијата не ја променила својата димензија.

13.4.6. Исцртување на координатната мрежа, геодетските точки и останатите испишувања

Непосредно по нанесувањето и контролирањето на координатната мрежа и геодетските точки на листот, се започнува со исцртувањето. Најнапред пикирите на темињата и геодетските точки се пополнуваат со црн туш, но на тој начин што само пикирот да биде исполнет со туш.

Рамката на корисниот простор се означува со непрекината линија со дебелина 0,1 mm, со тоа што се прекинува пред секој пикир на растојание од 0,1–0,2 mm. Од пикирите се повлекуваат нормални линии на рамката на листот кон внатрешноста на корисниот простор со должина од 5 mm сметајќи од пикирот, кои не се спојуваат со пикирот, туку се прекинуваат пред пикирот на растојание од 0,1–0,2 mm.



Сл. 13.22. Исцртана координатна мрежа.

Останатите пикири на дециметарската мрежа се означуваат со еден крст чии краци лежат паралелно со координатните оски (сл. 13.22.). Должините на краците на овие крстови е 5 mm мерејќи од пикирот, со тоа што се остава еден мал меѓупростор меѓу пикирот и линијата на крстот кој изнесува 0,1 – 0,2 mm. Крстовите се извлекуваат со линии со дебелина од 0,1 mm.

По завршеното нанесување и контролирање на нанесените геодетски точки, се започнува со исцртување и извлекување на топографските ознаки на овие точки и правците на полигонските страни и линии во согласност со топографскиот клуч. Прво, секој пикир се исполнува со црн туш.

Знаците за геодетските точки се исцртуваат со туш пред исцртување на детаљот додека, пак, знаците за полигонските страни и линии на линиската мрежа се исцртуваат со туш при исцртувањето на детаљот. Тоа исто важи и за испишувањето на броевите. Тоа е поради тоа што знакот за полигонската страна може сосема да се отстрани, ако тој со меѓата или границата на парцелата се сече по остар агол, а притоа цртежот на тоа место станува нејасен. Знакот за геодетската точка се исцртува во својот полн топографски облик и димензии без прекинување на линијата, освен на рамката на листот, каде што кругот се прекинува. Примери и димензии на знаци за геодетски точки се дадени на сл. 13.9. Броевите на точките првенствено се пишуваат од десната страна на знакот, а ако тоа не е можно, може да се стават од која било страна, но така за да се знае на која точка се

однесува и да не ги сече линиите и објектите. Затоа броевите се испишуваат по завршувањето на извлекувањето на детаљот и исцртаните знаци.

На плановите се исцртуваат знаци и броеви само за оние геодетски точки кои се стабилизирани со постојани белеги, а за привремените се става само пикир кој се пополнува со туш.

На надворешната страна на рамката на корисниот простор од левата, десната и долната страна, со туш се испишуваат координатите за секое теме на квадратот или правоаголникот, и тоа на крајот, односно кога е извлечен целиот детаљ на планот. Сите извлекувања и испишувања се вршат по прописите од топографскиот клуч за плановите во размер 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 и 1 : 2500.

14. СИСТЕМ ЗА ГЛОБАЛНО ПОЗИЦИОНИРАЊЕ (GPS)

14.1. ОСНОВНО ЗА GPS

Кратенката GPS (џи-пи-ес) што означува систем за глобално позиционирање доаѓа од оригиналниот израз од англиското говорно подрачје Global Positioning System, што кај нас во превод може да сретне во повеќе форми кои меѓусебно суштествено се разликуваат. Во склад со оригиналниот назив, односно во склад со тоа што тој треба да претставува и земајќи ги предвид карактеристиките на нашиот македонски јазик, соодветен превод би бил *систем за глобално позиционирање*. Сепак, во практиката ова не функционира на овој начин, па најчест израз кој ќе го сретнете во литературата е *глобален позиционен систем*, веројатно затоа што на овој начин најмногу се зачувува неговото значење, односно кратенката GPS, која во суштина ја употребуваме секојдневно доколку сакаме да бидеме во чекор со развојот на технологијата. Секојдневно сме сведоци како GPS станува дел од нашиот мобилен телефонски уред, составен дел од нашиот систем за наведување кој се применува во автомобилите, велосипедите и сè почесто како уред за на рака кој го користиме за време на искачување на некој од нашите планински врвови.

14.2. КОЈ Е КРИВ ЗА ПОСТОЕЊЕТО GPS?

Што, во суштина, претставува GPS?

Веројатно досега немате слушнато дека оригиналниот назив на GPS е NAVSTAR GPS, што зборува и за тоа кој е авторот и сопственикот на овој систем. Развивањето на овој систем започнува уште во почетокот на шеесеттите години на минатиот век, а во 1974 година официјално е пуштен во употреба NAVSTAR GPS системот кој бил наменет исклучиво за воени потреби, но секако уште во тоа време е оставена можност да

почне да се користи и за цивилни потреби, но се разбира без можност на висока точност при неговата употреба.

Имено, комплетното идејно решение на системот, ставањето во употреба (првенствено за свои потреби), функционирањето и одржувањето на системот припаѓа на Министерството за одбрана на Соединетите Американски Држави (САД). Одовде произлегува дека во никој случај не треба да се забораваат старите системи за навигација (карта, сонце, месечина, ѕвезди, објекти и дрвја) или, пак, да се прескокне нивното проучување, од причини што во секој момент Министерството за одбрана може да го исклучи системот за цивилни потреби.

Она што навистина е интересно, и со што се гордееме како геодети, се воведувањето на неколку нивоа на точност (метарска, дециметарска, сантиметарска) при користењето во денешно време, за што воопшто и не се помислувало во текот на неговиот развој бидејќи кога станувало збор за точност при проектирањето таа се однесувала на метарска, односно субметарска точност. Пред да започнете со проучување на GPS би сакал да предупредам дека во некои перспекти редовно ќе сретнете податок дека уредот има мерна несигурност (точност на мерењата) $5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ или, пак, нешто слично, но сега за сега нека остане така, сè додека навистина не научите нешто повеќе.

Имено, за воени потреби подобра точност на GPS од метарска точност не е ни потребна, за што може да се уверите и во ефективноста на експлозивните направи кои се наведуваат со помош на овој систем што секојдневно ги гледаме во извештаите од регионите каде што се употребуваат во овој момент. Меѓутоа, проучувајќи ја работата на GPS, нашите колеги геодети откриле дека со примена на соодветни мерни техники и математички модели (за кои сега не е време) може да се одреди многу прецизно (на ниво на милиметарска точност особено на долги растојанија) релативниот однос меѓу два приемника, она што во општо прифатливата GPS терминологија се нарекува базна линија. Но, овде клучен израз е релативен однос. Имено, базната линија може да се разбере како просторна должина измерена помеѓу две точки, заедно со азимутот и висинската разлика, од каде што може да се реконструира релативниот однос на краевите на базната линија.

Ова подразбира дека една од двете точки е позната по својата положба што, пак, претставува познавање на нејзините координати во координатниот систем кој се употребува. Ова за нас не претставува никаков проблем, затоа што координатниот систем е дефиниран и реализиран преку референтната геодетска мрежа. За координатните системи во овој момент нема да стане збор.

14.3. КОМПОНЕНТИ НА СИСТЕМОТ

Набљудувајќи го GPS како систем може да се дефинираат неколку компоненти, и тоа:

- космичка компонента;
- контролна компонента;
- корисничка компонента;
- терестичка компонента.

Космичката компонента стручно се нарекува космички сегмент, и го сочинуваат сите лансирани сателити кои емитуваат некакви податоци насочени кон Земјата (сл. 14.1.). Сателити, според оригиналниот проект, има 24, и тие кружат околу Земјата по однапред дефинирани траектории наречени *орбитии* кои се вкупно шест кои се нумерирани според големите букви на абедата (A, B, C, D, E и F) (сл. 14.2) а секој од сателитите има свој број. Но, во практика, вкупно во сите орбити има распоредено 32 сателити од причина што сателитите имаат свој проектиран век на траење, но и непредвидливи дефекти кои може да се случат. Па така кога еден или повеќе сателити се надвор од функција, еден од резервните 8 сателити се насочува во орбитата на расипаниот сателит и на тој начин се зачувува нормалната консталација на сателити, односно во секоја орбита во секој момент да има четири сателити во редовна употреба, и по потреба на располагање се 2 сателита за резервни кои моѓат во секое време да зменат еден од редовните сателити.

Контролната компонента ја сочинуваат 5 контролни центри кои се рамномерно распоредени на целата Земја (сл. 14.3.)

од кои еден е главен контролен центар, а останатите се помошни, односно мониторинг центри (главен центар: *Colorado Spings*, мониторинг центри: *Kwajalein*, *Diego Garcia*, *Ascension Island* и *Hawaii*). Она што е карактеристично за овие центри е тоа што тие ја одржуваат комуникацијата со секој од сателитите поединечно и во зависност од потребите може да ја менуваат траекторијата на секој од нив од една во друга орбита. Исто така, овие центри ги пресметуваат орбитите на секој сателит и, по потреба, ги поправаат доколку дојде до нивно отстапување од проектираните вредности на орбитите, но исто така тие лансираат и нови сателити од поновата генерација, пред чија функција се поставуваат потребите на сите корисници.

Секако, ваквата комуникација на центрите со сателитите оди во корист на сите корисници, од причина што во секој момент се задржува проектираната цел на системот во секоја орбита по четири сателити кои го одржуваат системот и два резервни сателити, кои исто, така работат во секој момент.

Сите корисници на овој систем, а тоа значи сите кои поседуваат некаков GPS приемник, припаѓаат на онаа Земјена компонента на системот, односно го сочинуваат корисничкиот сегмент (сл. 14.4.).

Врската помеѓу космичкиот и корисничкиот сегмент е многу едноставна во таа смисла што приемниците (како што и самото име говори), преку соодветни антени, примаат сигнали од сателитите, кои по приемот се обработуваат во самиот приемник, и во врска со применетата метода на мерење, во персоналниот компјутер со инсталиран специфичен софтвер дополнително се обработуваат мерењата.

Ова истовремено претставува и одговор на прашањето: Дали може да ме најдат доколку го вклучам својот GPS? Секако дека не можат тоа да го сторат, од причина што врската помеѓу сателитот и приемникот е *еднонасочна*. Комуникацијата меѓу два GPS приемника (или GPS приемник и систем на активни мрежи) се одвива во друг фреквентен опсег и со употреба на други технологии, пред сè, радио и GSM врски, а во одредени случаи и преку Интернет, што особено е интересен пристап кон овој проблем.

На крајот останува да ја појасниме и терестичката компонента која во денешно време сè повеќе ја доживува својата експанзија, со поставување на системи од активни мрежи (сл.14.5.). Активните мрежи се рамномерно поставени во одредени региони (локални, регионални и глобални), но најчесто се локални активни мрежи кои се наоѓаат на територијата на речиси секоја држава. Мрежите се состојат од неколку активни приемници кои се наоѓаат на меѓусебна оддалеченост од 40 до 90 km кои, пак, примените сигнали од сателитите секоја секунда ги препраќаат во своите аналитички центри каде што, со одредени специјализирани софтверски решенија се обработуваат. По извршената обработка на мерењата, аналитичкиот центар е во состојба на секој корисник поединечно, а кој ќе се најави во системот на активна мрежа (може да ги има во голем број истовремено), да му испрати соодветна порака во однапред дефиниран формат која ќе го надополни мерењето на корисникот и ќе ја добие точноста која се постигнува со работа во еден ваков систем на активна мрежа, а се движи во границите од 2 до 4 cm во хоризонтална и од 3 до 5 cm во вертикална положба. Слободно може да кажеме дека и во нашата држава постои еден ваков систем од активни станици, наречен македонски позиционен систем (МАКПОС: <http://makpos.katastar.gov.mk> сл. 14.6.), кој во овој момент работи во тест период и се очекува во најскоро време пуштање во комерцијална употреба.

14.4. ИДНИНАТА НА GPS

Накратко кажано, иднината на GPS е светла поради сè поголемата достапност за цивилна употреба од што профитираат корисниците на овој систем. Така на пример, на пазарот сè повеќе се појавуваат приемници кои освен GPS способни се да ги користат и GLONASS сателитите. Се нудат и оние кои може да ги следат и двата системи истовремено GPS/GLONASS кои, пак, во ваква комбинација се нарекуваат GNSS мерења (Global Navigation Satellite System).

GLONASS е, исто така, систем од сателити кои кружат над Земјата на нешто помала висина во однос на GPS сателитите и е

во сопственост на Руската Федерација. Во поново време Европската унија го развива својот сателитски систем кој е наречен Galileo и во овој момент (почеток на 2010 година) има само три активни сателити кои се во тест употреба.

Накратко, иднината на овие системи станува сè поголема со развивањето на новите сервиси кои започнуваат со лансирање на сателити од новата генерација, каде што можностите на приемниците стануваат сè поголеми и придобивките од користењето на овие сателитски системи стануваат сè поголеми на сите корисници. Овие системи емитуваат податоци секоја секунда и работат 24/7 (24 часа дневно во текот на неделата) во текот на целата година при што нивното функционирање не зависи од метеоролошките услови кои пак, досега се покажаа како најголем непријател на геодезијата.

14.5. ПРИНЦИП НА РАБОТА

Она по што GPS се разликува од останатите геодетски мерни техники е фактот што самата мерена големина и податокот кој го користиме како резултат од GPS мерењата не се врзани со некоја едноставна математичка релација. Дотолку повеќе што сами, веројатно, не би можеле од сировиот измерен податок од некој GPS приемник да добиеме излезен податок кој би го употребиле во некој практичен контекст.

За вовед во ова поглавје, односно најдобар опис на работењето на GPS е тоа што секој сателит непрекинато испушта податоци за својата положба, како и времето на емитувањето на секој сигнал. Овие податоци се составен дел од таканаречената навигациска порака. Со прибирањето на навигациски пораки од најмалку четири или повеќе сателити, приемникот со просторен пресек на правци ја одредува својата тродимензионална положба во рамките на дадениот координатен систем.

Од претходно наведеното и самите можевте да забележите дека истовремено треба да се добијат навигациски пораки од минимум 4 сателити. Доколку се прашувате зошто, еве го и одговорот. Секоја точка во просторот е дефинирана со три ко-

ординати, што значи дека се три непознати, но бидејќи времето е фактор кој учествува во мерењето, а кое исто така е непознато, произлегува дека вкупно има четири непознати големини. За решавање на овие непознати треба да имаме онолку равенки колку што има непознати, а тоа значи дека во тој момент над нас треба да се појават минимум четири сателити како би ја одредиле својата положба (сл. 14.7.). Точноста со која сме ја одредиле својата местоположба врз основа на мерењата само од четири сателити ќе ја оставиме настрана како не би го "загорчувале" запознавањето со овој систем.

Затоа, пред сè, треба да се разбере што мери GPS. Постојат две основи големини кои се мерат во еден ваков систем (ги има и повеќе, но за почеток нема да ги наведуваме за да ја поедноставиме оваа технологија) и ни стојат на располагање:

- потребното време на електромагнетниот бран да допатува од сателитот до антената на приемникот;
- фазниот агол на тој електромагнетен бран.

14.5.1. Кодни мерења

Кодни мерења се нарекуваат мерењата кои се добиени од мерењето на изминатото време помеѓу емитувањето на податокот од сателитот и неговиот прием во приемникот. Со оглед на тоа што овде се работи за електромагнетни бранови кои се движат со брзина на светлоста може да се пресмета растојанието од сателитот до приемникот. Бидејќи ова е почеток, ќе останеме само на теоријата, без да ја вметнеме физиката представена со математички релации. Доколку се сеќавате од физика, според формулата за брзина: брзината е еднаква на поминатото растојание во единица време. Одовде, ако ја знаете брзината (како што е во нашиот случај) и го измерите времето, може да го пресметате поминатиот пат, што во овој случај ја дава должината помеѓу сателитот и приемникот во моментот на мерењето.

Овде веќе доаѓаме до првиот проблем: бидејќи го мериме времето, мора да знаеме кога сигналот е испратен од сателитот до приемникот, а, исто така, и кога сигналот е примен во

приемникот, за да можеме, од разликата на двата временски моменти да пресметаме колку долго патувал сигналот. Само за информација, должината на патот за нашето подрачје изнесува околу 70 ms (милисекунди), со оглед на оддалеченоста на сателитот од околу 20 200 km од Земјата.

Што се однесува до моментот на емитувањето на сигналот, неговата идентификација во денешно време не претставува проблем од причина што во секој GPS (GNSS) сателит има вградено по еден *атомски часовник*, па моментот на емитување е содржан во навигациската порака која ја емитува секој GPS (GNSS) сателит. Проблемот се јавува во регистрацијата на времето кога е примен сигналот (навигациската порака) во приемникот. Некој веднаш би го поставил прашањето зошто е проблем, кога и во ресиверот може да се вгради атомски часовник. Но, од економска оправданост во приемниците се вградуваат евтини кварцни часовници кои не се толку прецизни како атомските, но за ваква потреба се сосема доволно прецизни. Оттука, во математичкиот модел треба да се пресмета и грешката на часовникот во секој приемник.

Бидејќи вака измерената должина меѓу GPS (GNSS) сателитот и приемникот се разликува од стварната должина, оваа должина се нарекува *йсевдодолжина*.

Бројни се корекциите кои се внесуваат во кодните мерења, но овде нема да се образложуваат. Доволно ќе биде само да се каже дека апликативните софтвери имаат вградени алгоритми за пресметување на сите тие влијанија.

Кодните мерења најмногу се користат во навигацијата, бидејќи со едноставно пресметување може да се добијат координатите на местото каде што сме ги вршеле нашите мерења (т.е. GPS/GNSS антената). За геодетски потреби се користат во комбинација со фазните мерења, првенствено во алгоритмите за одредување на фазните скокови.

14.5.2. Фазни мерења

Фазно мерење се нарекува: споредување на фазно примената кодирана сателитска навигациска порака со генерираната порака, со користење на истиот код, интерно во GPS/GNSS приемникот. Кај GPS мерењата се користат два различни кода: C/A (Course/Aquisition) и P (Precision) код. C/A кодот е јавен и е достапен за сите корисници додека, пак, P кодот се кодира со посебен Y код и можат да го користат само посебни категории на корисници (војската и нејзини блиски институции). Меѓутоа, постојат и алгоритми за декодирање на P кодот, што го прави делумно достапен и за останатите корисници. Од таа причина ваквите алгоритми нема да бидат објаснувани.

Разлика на фазата на примениот сигнал со интерно генериран настанува во текот на патувањето на електромагнетниот бран од сателитот до приемникот. Приемникот може да измери само дел од фазниот агол во рамките на еден полн круг (циклус). Вкупниот број на цел број на бранови должини, настанати на патот од сателитот до приемникот, останува непознат. Начинот на одредувањето на целиот број на бранови должини сега засега нема да биде опфатен во овој дел од оваа теорија.

Фазниот агол на примениот сигнал ретко ќе го среќаваме во така сиров облик. Причината за тоа е неможноста за оценување на непознатиот почетен цел број на бранови должини, што се нарекува целобројна неодреденост, како и големиот број на грешки кои настануваат во текот на мерењето.

Со анализа на вкупниот број на грешки кои се јавуваат во текот на мерењата може да се види дека поединечни грешки имаат идентични или, пак, доста слични вредности и за двата приемника кои учествуваат во мерењата. Од таа причина, изведени се големини кои се користат во постапката на обработката на фазните мерења.

Првата таква големина се нарекува *јросіа разлика* (*single difference*). Таа претставува разлика на фазните агли измерени на краевите на базата (базна линија) меѓу приемникот и истиот сателит, за иста епоха на мерење на приемникот. Со формирањето на оваа изведена големина, во неа фигурираат два приемника, еден сателит, една епоха на мерење, нова целобројна

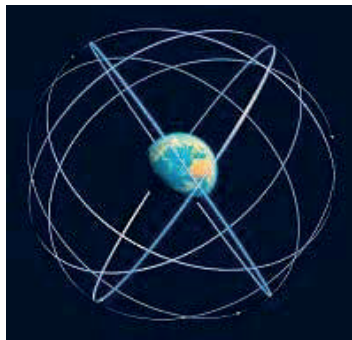
неодреденост која е настаната како резултат на разликата на неодреденостите и на двата приемника, како и голем број на некалкулирани грешки. Од моделот изостануваат целобројните неодредености за поедини применици (и дадениот сателит), како и голем број на грешки од првобитниот модел (грешките на часовникот на сателитот и хардверското каснење).

Ако да се приемника прифаќаат мерења од два сателити, може да се дефинира изведена големина која се нарекува *двојна разлика* (*double difference*). Оваа разлика се добива со одземање на две прости разлики, за два различни сателита. Наместо две целобројни неодредености од простите разлики, овде фигурира една. Од математичкиот модел отстранети се одредени грешки на часовникот во приемникот. Најголема предност на двојните разлики е можноста за нивна (целобројна) оцена со примената на методот на најмали квадрати, па оваа големина се користи во најголем број на случаи како основна за обработка на фазните GPS/GNSS мерења.

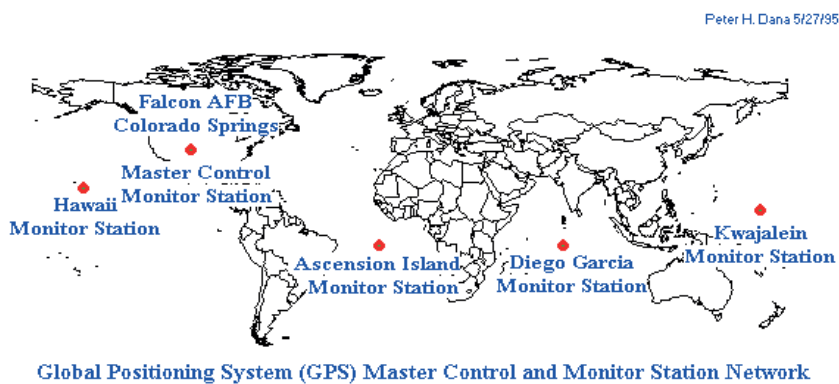
14.6. ФОТО ГАЛЕРИЈА



Сл. 14.1. Космички сегменти на GPS.



Сл. 14.2. Орбити по кои кружат сателитите.



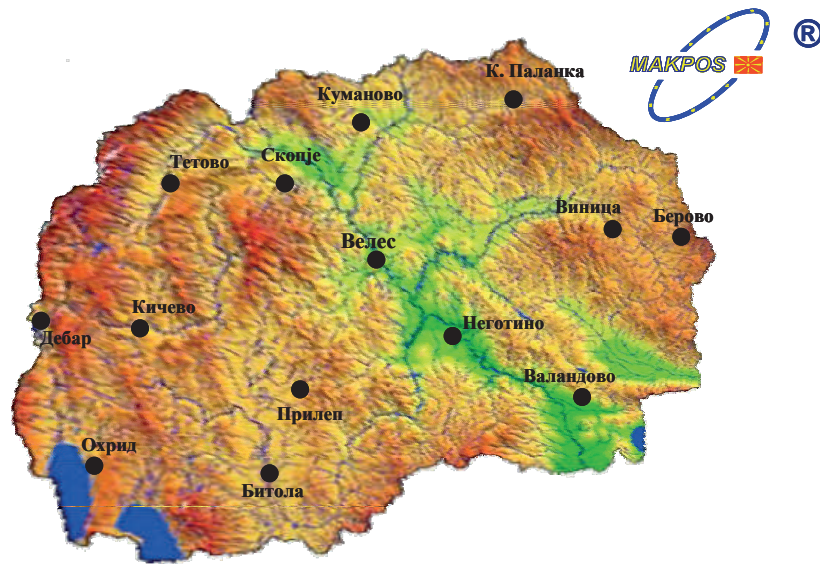
Сл. 14.3. Контролен сегмент на GPS.



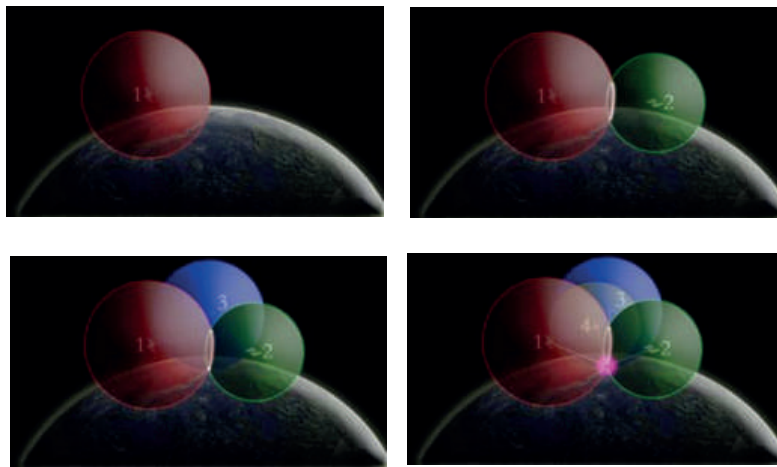
Сл. 14.4. Кориснички сеџменѝ на GPS.



Сл. 14.5. Тересѝички сеџменѝ на GPS (мрежа од акѝивни стѝаници).



Сл. 14.6. Македонски геопозиционен систем (МАКРОС).



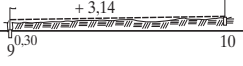
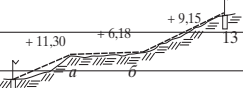
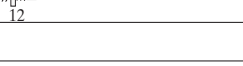
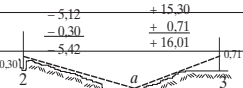
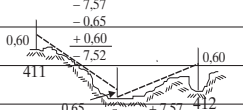
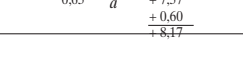
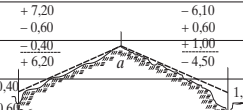
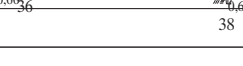
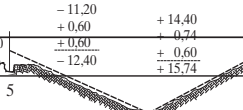
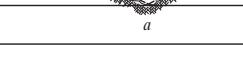
Сл. 14.7. Начин на одредување на местоположба со 4 GPS сателити.

ЛИТЕРАТУРА

- А.Ф. Сїорженко, О.К. Некрасов:* Инженерная геодезија, Недра, Москва, 1953.
- Агенција за кайасїар на недвижности:* Дигитален топографски клуч, Скопје, 2005.
- Врачарић К., Михајловић К.:* Геодезија, Научна књига, Београд, 1986.
- Врачарић К., Михајловић К.:* Геодетска мерења и рачунања (практикум), Завод за издавање уџбенике и наставна средства, Београд, 1997.
- Ивковић Ђ.:* Геодетски планови, Завод за издавање уџбенике и наставна средства, Београд, 1989.
- Јовановић С.:* Математичка картографија, Војногеографски институт, Београд, 1972.
- Михаливић К., Лазић Ђ., Врачарић К.:* Геодезија, Завод за издавање уџбенике и наставна средства, Београд, 1997.
- Савезна геодетска управа:* Правилник за државни премер II и III део, Београд, 1958.
- Савезна геодетска управа:* Топографски кључ, Београд, 1955.
- Тунїев Б.:* Геодетски пресметувања 1 и 2, Просветно дело, Скопје, 1976.
- Цвейковић Ч.:* Геодезија у инжењерству, Популарна грађевинска библиотека, Београд, 1948.
- www.leica-geosystems.com
- www.trimble.com

П Р И Л О З И

ПРИЛОГ 1

| Од До Од | Прво мерење I | | | Второ мерење II | | | Положба на страната и лентата издигнување на лентата и длабочина на вкопувањето. Пресметување на отсечките за должини и висински разлики (со издигнување). Забелешка (кој го вршел мерењето, работници, датум, време и друго). | Категорија | Разлика δ= I-II Доз. отстапување ±m |
|----------------|---------------|------------------------|---|-----------------|------------------------|---|--|------------|---|
| | Цели ленти | Читање на лентата m | Апсцисни вредности Вкупна должина m | Цели ленти | Читање на лентата m | Апсцисни вредности Вкупна должина m | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ø9 - ø10 | III | 24,96 | 174,96 | III | 24,92 | 174,92 |  | II | +0.06 (0.12) |
| ø12 | | | | I | 26,00 | 76,00 | мерено од прекршна до прекршна (дисконтинуирано) | | |
| a | I | 26,00 | 76,00 | | 38,94 | 38,94 |  | | |
| b | | 38,94 | 38,94 | | 46,00 | 46,00 | | | |
| ø13 | | 46,02 | 46,02 | | | |  | | +0.02 (0.15) |
| | | | 160,96 | | | 160,94 | | | |
| ø 2 | | | | | 45,94 | 45,94 |  | | |
| a | | 45,90 | 45,90 | II | 46,34 | 146,34 | | | -0.10 (0.15) |
| ø 3 | II | 46,28 | 146,28 | | | | | | |
| ø 411 | | | | II | 11,58 | 111,58 |  | | |
| a | II | 11,48 | 111,48 | II | 5,52 | 105,52 | | | -0.02 (0.15) |
| ø 412 | II | 5,60 | 105,60 | | | |  | | |
| ø 36 | | | | I | 16,14 | 166,14 | мерено континуирано | | |
| a | I | 18,20 | 68,20 | I | 47,92 | 97,92 |  | | -0.04 (0.15) |
| ø38 | II | 16,10 | 166,10 | | | |  | | |
| ø 5 | | | | II | 11,32 | 214,26 |  | | |
| a | II | 11,20 | 111,20 | II | 2,94 | 102,94 | | | -0.12 (0.15) |
| ø 6 | II | 14,14 | 214,14 | | | |  | | |

ТРИГОНОМЕТРИСКИ ОБРАЗЕЦ 18


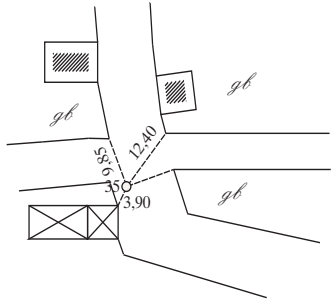
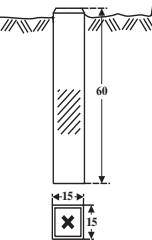
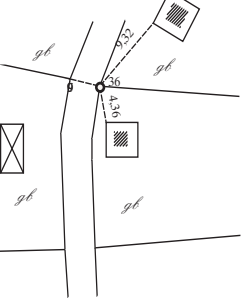
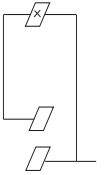
| Средини од двете мерења d m | Податоците се земени | Висински разлики Δh m | Отсечоци за редуцирање m | Вредности $1 - \cos \alpha \sin \alpha$ | α $\alpha/2$ ° ' " | Редуција | | | Сведени на хоризонт | | Забелешка |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------|------------------------------|--|----------------------------------|---|---------------------------------|-----------|
| | | | | | | $\frac{\Delta h^2}{2d}$ m | $\Delta h \operatorname{tg} \alpha/2$ m | По делови за лин. точки (r) m | Отсечоци од должните за лин. точки m | Дефинитивна должина S=S'-r m | |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 174,94 | | + | 3,14 | 174,94 | | 0 42 | 0,03 | 0,03 | | 174,91 | |
| 76,00 | | + | 11,30 | 76,00 | | 8 33 | 0,84 | 0,84 | | 75,16 | |
| 38,94 | | + | 6,18 | 38,94 | | 9 07 | 0,50 | 0,49 | | 38,45 | |
| 46,01 | | + | 9,15 | 46,01 | | 11 28 | 0,91 | 0,92 | | 45,09 | |
| 160,95 | | | | | | | | 2,25 | | 158,70 | |
| 45,92 | | - | 5,42 | 45,92 | | 6 46 | 0,32 | 0,32 | | 45,60 | |
| 146,31 | | + | 16,01 | 146,31 | | 6 16 | 0,88 | 0,88 | | 145,43 | |
| 192,23 | | | | | | | | 1,20 | | 191,03 | |
| 111,53 | | + | 7,52 | 111,53 | | 3 52 | 0,25 | 0,25 | | 111,28 | |
| 105,56 | | + | 8,17 | 105,56 | | 4 26 | 0,32 | 0,32 | | 105,23 | |
| 217,09 | | | | | | | | 0,57 | | 216,51 | |
| 68,21 | | + | 6,20 | 68,21 | | 5 12 | 0,28 | 0,28 | | 67,93 | |
| 97,91 | | - | 4,50 | 97,91 | | 2 38 | 0,10 | 0,10 | | 97,81 | |
| 166,12 | | | | | | | | 0,38 | | 165,74 | |
| 111,26 | | - | 12,40 | 111,26 | | 6 24 | 0,69 | 0,69 | | 110,57 | |
| 102,94 | | + | 15,74 | 102,94 | | 8 47 | 1,20 | 1,21 | | 101,73 | |
| 214,20 | | | | | | | | 1,90 | | 212,30 | |

ПРИЛОГ 2

Тригонометриски образец бр. 1

| Станична точка | Визурна точка | Положба на дурбиног | | | | | | Аритметичка средина I+II 2 | | | Редуцирана средина | | | 2α-(11-180)° ± ["] | З а б е л е ш к а | |
|-------------------|------------------|---------------------|-----|-----|------------|-----|-----|-------------------------------------|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----------------------|--|---------------------------------------|
| | | I положба | | | II положба | | | [°] | ['] | ["] | [°] | ['] | ["] | | | |
| | | [°] | ['] | ["] | [°] | ['] | ["] | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 7 | 8 | |
| о 25 | ♠ 360 | 13 | 16 | 20 | 193 | 16 | 30 | 13 | 16 | 25 | 0 | 00 | 00 | + | 10 | Вр.ис.: област |
| | о 10 | 22 | 26 | 50 | 202 | 27 | 00 | 22 | 26 | 55 | 9 | 10 | 30 | + | 10 | Сигуратор: Н. Н. |
| | о 7 | 97 | 30 | 40 | 277 | 30 | 50 | 97 | 30 | 45 | 84 | 14 | 20 | + | 10 | 02. 04. 1961 год. |
| | о 53 | 156 | 08 | 20 | 336 | 08 | 20 | 156 | 08 | 20 | 142 | 51 | 55 | 0 | | 1 контрола: 47' 30" |
| | ♠ 66 | 184 | 21 | 10 | 4 | 20 | 50 | 184 | 21 | 00 | 171 | 04 | 35 | - | 20 | 48' 10" |
| | о 42 | 246 | 04 | 10 | 66 | 04 | 40 | 246 | 04 | 25 | 232 | 48 | 00 | + | 30 | 35' 40" : 2 = 47' 50" |
| | | | | | 47 | 30 | | | | | | | | | 2 контрола | |
| | | | | | | | | 48 | 10 | | | | | | 16' 25 x 6 = 38' 30" + 9' 20" 47' 50" | |
| ♠ 62 | ♠ 65 | 104 | 16 | 12 | 284 | 16 | 24 | 104 | 16 | 18 | 0 | 00 | 00 | + | 12 | Вр.ис.: сонцево |
| | о 2 | 162 | 28 | 24 | 342 | 29 | 00 | 162 | 28 | 42 | 58 | 12 | 24 | + | 36 | Сигуратор: Н. Н. |
| | о 68 | 207 | 25 | 30 | 27 | 25 | 54 | 207 | 25 | 42 | 103 | 09 | 24 | + | 24 | 06. 04. 1970 год. |
| | ♠ 360 | 207 | 43 | 12 | 27 | 43 | 36 | 207 | 43 | 24 | 103 | 27 | 06 | + | 24 | 1 контрола: 10' 18" |
| | о 34 | 104 | 16 | 00 | 284 | 16 | 24 | 104 | 16 | 12 | 359 | 59 | 54 | + | 24 | 12' 18" |
| | | | | | 10 | 18 | | | | | | | | | 22' 36" : 2 = 11' 18" | |
| | | | | | | | | 12 | 18 | | | | | | 2 контрола | |
| | | | | | | | | | | | 11 | 18 | | | 16' 18 x 5 = 21' 30" + 49' 48" 11' 18" | |
| о 79 | о 31 | 54 | 06 | 0 | 234 | 06 | 6 | 54 | 06 | 3 | 0 | 00 | 0 | + | 0,6' | Вр.ис.: сонцево |
| | ♠ 65 | 134 | 31 | 6 | 314 | 32 | 0 | 134 | 31 | 8 | 80 | 25 | 5 | + | 0,4' | Сигуратор: Н. Н. |
| | о 81 | 181 | 58 | 8 | 2 | 00 | 4 | 181 | 59 | 6 | 127 | 53 | 3 | + | 1,6' | 04. 10. 1982 год. |
| | ♠ 66 | 222 | 37 | 4 | 42 | 37 | 8 | 222 | 37 | 6 | 168 | 31 | 3 | + | 0,4' | 1 контрола: 26,6' |
| | о 80 | 319 | 12 | 8 | 139 | 13 | 4 | 319 | 13 | 1 | 265 | 06 | 8 | + | 0,6' | 30,2' |
| | | | | | 26 | 6 | | | | 28 | 4 | | | | 56,8' : 2 = 28,4' | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 2 контрола |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 6,3 x 5 = 31,5' + 56,9' 28,4' |
| о 4 | о 34 | 0 | 00 | 2 | 179 | 59 | 6 | 359 | 59 | 9 | 0 | 00 | 0 | - | 0,6' | Вр.ис.: сонцево |
| | о 62 | 49 | 59 | 6 | 230 | 00 | 0 | 49 | 59 | 8 | 49 | 59 | 9 | + | 0,4' | Сигуратор: Н. Н. |
| | о 123 | 180 | 00 | 3 | 359 | 58 | 3 | 179 | 59 | 3 | 179 | 59 | 4 | - | 2,0' | 04. 10. 1982 год. |
| | о 55 | 248 | 29 | 9 | 68 | 30 | 4 | 249 | 30 | 1 | 248 | 30 | 2 | + | 0,5' | 1 контрола: 78,4' |
| | о 97 | 311 | 58 | 4 | 122 | 01 | 1 | 311 | 59 | 8 | 311 | 59 | 9 | + | 2,7' | 29,4' |
| | о 34 | (0 | 00 | 5) | (179 | 59 | 1) | | | | | | | | | 57,8' : 2 = 28,9' |
| | | | | | 28 | 4 | | | | 28 | 9 | | | | 2 контрола | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 59,6' x 5 = 59,5' + 29,4' 28,9' |

ПРИЛОГ 3

| ОПИС НА ПОЛОЖБА НА ТОЧКАТА | | | |
|---|--|---|--|
| Каде се наоѓа точката | Како е обележана точката | Како е точката сигнализирана | Ситуација на точката |
| 35 Р. Македонија Чашка Општина с. Лисиче Град село: Потес, месност: | Надземна белега <i>обележена в. м. м.</i> а) Димензии б) Ознака на центарот Горна подземна белега Ознака на центарот |  |  |
| | | | Забелешка: y = 7 566487, 325 x = 4 584321, 589 Z = 381, 495 |
| | | | Датум: 25. 05. 2004 год. Обележувањето го извршил: П. П. |
| 36 Р. Македонија Чашка Општина с. Лисиче Град село: Потес, месност: | Надземна белега <i>обележена в. м. м.</i> а) Димензии б) Ознака на центарот Горна подземна белега Долна подземна белега Ознака на центарот |  |  |
| Секција од картата во размер 1 : 100 000 Лист на картата на тригонометриска мрежа во размер 1 : 25 000 |  | | Забелешка: y = 7 584395, 025 x = 4 606235, 471 Z = 390, 028 |
| | | | Датум: 25. 05. 2004 год. Обележувањето го извршил: П. П. |

Напомена: Приложениот тригонометриски образец бр. 27Т е превземен од Државниот завод за геодетски работи, кој истовремено е модифициран за инјерна употреба.

ПРИЛОГ 4

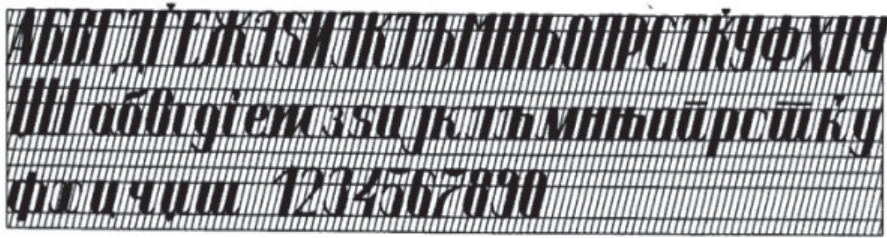
ПРИЛОГ 5

ПРИЛОГ 6

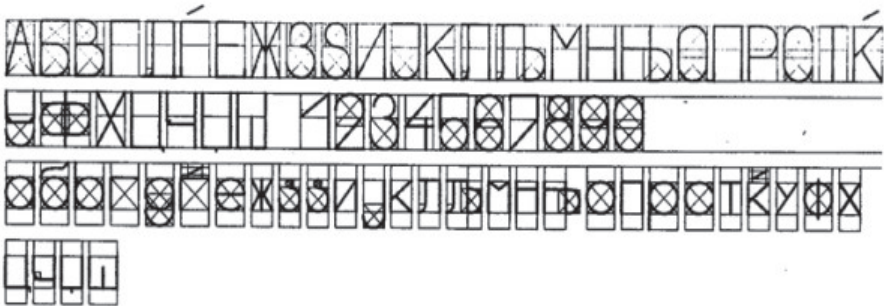
| | | | |
|--|--|--|--|
| Мрежа на нивеламан од висока точност | | Број на реперот: © DDX | |
| Влак: <u>на основна</u> мрежа NVT бр. | | | |
| Нивелманите мерења ги извршил: <u>Завод за фотограметирија Београд</u> | | Надморска висина земена од: Година на нивелирањето: <u>1972</u> Н = 711,9241 m | |
| С. Република: <u>Македонија</u> Општина: <u>Охрид</u> Село - град: <u>Охрид</u> Викано место: <u>М. Станица</u> | | Опис на положбата на реперот: <u>На зградата на бивша ж. станица</u> <u>Охрид со стабилена зграда со</u> <u>сопственост на Никола Лазаревиќ</u> <u>у.л. Мелничка бр. 7</u> | |
| Скица на положбата на реперот (хоризонтална проекција) | | Скица на одмерување за реперот: | |
| | | | |
| Топографска карта 1 : 50000 | | Охрид 4 | |
| Координати на реперот: | | φ = λ = | |
| Година на стабилизација: | | 1926 | |
| Стабилизацијата ја извршил: | | В. Г. И. Београд | |
| Податоци за објектот: | | Посебни напомени (геодетски и хидролошки податоци) и т. н.) | |
| Објект: <u>Зграда</u> | | <u>Зградата е рамно</u> | |
| Сосотојба на објектот: <u>Зграда</u> | | <u>подземни води околу 5 м</u> | |
| Материјал: <u>Челик</u> | | | |
| Подрум: <u>Нема</u> | | | |
| Темели: <u>Пилон</u> | | | |
| Година на изградба: <u>1921</u> | | | |
| Опис на положбата | | Организација: <u>Завод за фотограметирија Београд</u> | |
| составил | | Презиме и име: <u>Н. Н.</u> | |
| | | 19. 06. 1972 (датум) | |
| Ознаки: | | © Плочкаст репер © Вертикален репер | |
| ● Фундаментален репер © Хоризонтален репер | | □ Нивелманска белега | |

ПРИЛОГ 7

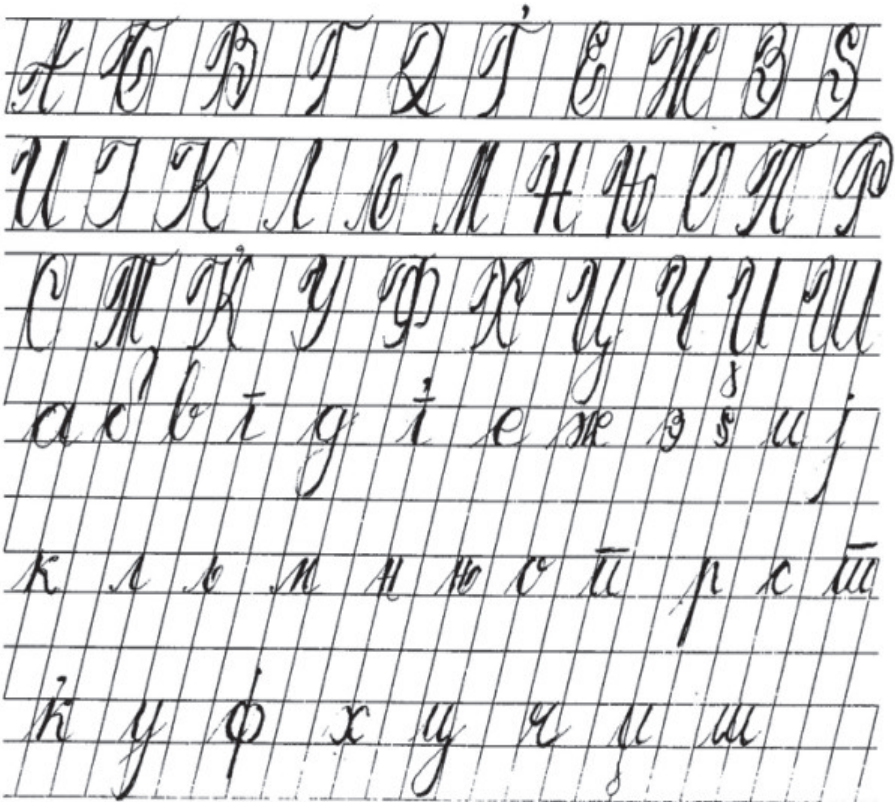
Курзив писмо



Блок писмо
























































Калиграфско писмо - калиграфија





























ПРИЛОГ 8

Топографски знаци кои се прикажуваат на геодетските планови
Извадок од дигиталниот топографски клуч

| | | | | | |
|---|--------|----------------------------|---|--------|-----------------------------|
|  | EMT001 | Далек. низок напон грбен |  | EMT007 | Далек. висок напон бетонски |
|  | EMT002 | Далек. низок напон железен |  | EMT008 | Далек. железен гба система |
|  | EMT003 | Далек. ниок напон бетонски |  | EMT009 | Далек. бетонски гба система |
|  | EMT004 | Електричен урег |  | EMT010 | Електрана |
|  | EMT005 | Далек. висок напон грбен |  | EMT011 | Посредно осветлување |
|  | EMT006 | Далек. висок напон железен |  | EMT012 | Директно осветлување |
|  | DZT001 | Гранична табла |  | EMT013 | Трансформатор |
|  | DZT002 | Гран. столб од камен |  | EMT014 | Трансфор. на грбен столб |
|  | DZT003 | Гранична пирамида |  | EMT015 | Трансфор. на железен столб |
|  | DZT004 | Дрваен граничен столб |  | EMT016 | Трансфор. на бетонски столб |
|  | DZT005 | Гранична хумка |  | EMT017 | Исправувачка станица |
|  | DZT006 | Граничен крст во карпа |  | EMT018 | Надземен кабловски орман |
|  | DZT007 | Гранично грво зимзелено |  | EMT019 | Подземен кабловски орман |
|  | DZT008 | Гранично грво листопадно |  | EMT020 | Контролер |
|  | DZT009 | Гранично грво топола |  | EMT021 | Окно поклопец четвороаголен |
|  | DZT010 | Меѓ. белега бетон.камена |  | EMT022 | Окно поклопец кружен |
|  | DZT011 | Крст како меѓна белега |  | EMT023 | Прикл. кутија влез излез |
|  | DZT012 | Железен клин болцна |  | EMT024 | Прикл. кутија влез |
|  | DZT013 | Подземна камена белега |  | EMT025 | Светлосен сообраќаен знак |
|  | DZT014 | Дрво како меѓен знак |  | EMT026 | Резерва на кабел |
|  | DZT015 | Дрво како меѓен знак |  | EMT027 | Премин кабл.воздушна мрежа |
|  | DZT016 | Државна граница |  | EMT028 | Кабловска права спојница |
|  | DZT017 | Државна граница 1 |  | EMT029 | Кабловска Т спојница |
|  | DZT018 | Граница на регион |  | EMT030 | Влез во окно на подз. вод |
|  | DZT019 | Граница на полити. општина |  | EMT031 | Рефлек. осветл. на стадион |
|  | DZT020 | Катастраска граница |  | EMT032 | Конзола |













































| | | | | | |
|---|--------|--------------------------------|---|--------|------------------------------|
|  | DZT021 | Гр. на зашт. приро. паркови |  | EMT033 | Кробен носач за возг. водови |
|  | DZT023 | Пов. откоп за истр. работи |  | EMT034 | Белега на траса на подг. вод |
|  | DZT024 | Спорна грж. гран. линија |  | EMT035 | Дрвена банг. со сијалица |
|  | DZT025 | Самостојно листопадно грво |  | GMT001 | Конденз. лонец |
|  | DZT026 | Самостојно зимзелено грво |  | GMT002 | Одушна капа |
|  | EKT001 | Белега на експро. појас |  | GMT003 | Противпожар. станица |
|  | DMT001 | Белега на гренаж. мрежа |  | GMT004 | Блок станица |
|  | DMT002 | Контрол. окно на гренаж. мрежа |  | GMT005 | Катодна заштита |
|  | DMT003 | Вкрстување водови г.м. |  | GMT006 | Одушна цевка |
|  | DMT004 | Насока на падот на г.м. |  | GMT007 | Стлб.з облз.трас. с. стацио. |
|  | DMT005 | Цевовод на гренаж. мрежа |  | GMT008 | Знак за предупредување |
|  | DMT006 | Напуштен вод на г.м. |  | GTT001 | Астрономска точка |
|  | GTT002 | Тригоном. точка од 1. ред |  | GTT016 | Полигонометриска точка |
|  | GTT003 | Тригоном. точка од 2. ред |  | GTT017 | Стаб. врзна точка по Y,X,H |
|  | GTT004 | Тригоном. точка од 3. ред |  | GTT018 | Нестаб. врзна точка по Y,X,H |
|  | GTT005 | Тригоном. точка од 4. ред |  | GTT019 | Нестаб. врзна точка по H |
|  | GTT006 | Непристапен тригон.од 3. ред |  | GTT020 | Столб за посм. на вис. брани |
|  | GTT007 | Непристапен тригон.од 4. ред |  | GTT021 | Полигонска точка |
|  | GTT008 | Тригонометар на јарбол |  | GTT022 | Чворна полигонска точка |
|  | GTT009 | Тригонометар на споменик |  | GTT023 | Полигонска без мерени агли |
|  | GTT010 | Црква како тригонометар |  | GTT024 | Линиска точка |
|  | GTT011 | Џамија како тригонометар |  | GTT025 | Репер хор. или вер. на столб |
|  | GTT012 | Синагога како тригонометар |  | GTT026 | Репер хор. или вер. на столб |
|  | GTT013 | Фабр.оџак како тригонометар |  | GTT027 | Репер хор. или вер. на столб |
|  | GTT014 | Телек.столб како тригонометар |  | GTT028 | Реп. висока точност |
|  | GTT015 | Чворна полигонометриска точка |  | GTT029 | Репер прецизен нивелман |
|  | | |  | GTT030 | Репер технички нивелман |

| | | |
|---|--------|----------------------------|
|  | GTT031 | Знак за припадност |
|  | IST001 | Бушотина за истражување |
|  | IST002 | Рудник во работа |
|  | IST003 | Напуштен рудник |
|  | IST004 | Окно во работа полукружно |
|  | IST005 | Окно во работа правоаголно |
|  | IST006 | Влез во поткоп пра' |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | IST015 | Пумпа за нафта |
|  | IST016 | Стругара |
|  | IST017 | Силос |
|  | IST018 | Поткоп за истражув. работи |
|  | IST019 | Некаптиран извор на пареа |
|  | IST020 | Пумпа на електричен погон |
|  | IST021 | Каптиран извор на пареа |
|  | KIT001 | Осамен христијански гроб |
|  | KIT002 | Осамен мулсмански гроб |
|  | KIT003 | Осамен еврејски гроб |
|  | KIT004 | Осамен гроб НОБ |

| | | |
|---|--------|-------------------------------|
|  | KIT005 | Христијански религи. знак |
|  | KIT006 | Мулсмански религи. знак |
|  | KIT007 | Еврејски религи. знак |
|  | KIT008 | Запис ИКН на лис. грв. |
|  | KIT009 | Запис ИКН на зим. грв. |
|  | KIT010 | Столб за јарбол |
|  | KIT011 | Споменик не верски |
|  | KIT012 | Бункер |
|  | KIT013 | Гробница могила |
|  | KMT001 | Канализациона црпна станица |
|  | KMT002 | Олучник со прикл.за канализа. |
|  | KMT003 | Отвор за снег правоаголен |
|  | KMT004 | Отвор за снег кружен |
|  | KMT005 | Ревизионо окно правоаголно |
|  | KMT006 | Ревизионо окно кружно |
|  | KMT007 | Сливник |
|  | KMT008 | Таложник |
|  | KMT009 | Вентилационен отвор |
|  | KMT010 | Устава во комора |
|  | KMT011 | Каскада во окно |
|  | KMT012 | Устие на глав.канал кружен |
|  | KMT013 | Устие на глав.канал четворо. |
|  | KU0110 | Ниба |
|  | KU0120 | Градина |
|  | KU0130 | Овоштарник |
|  | KU0131 | Инт. овоштарник |

| | | | |
|---|-------------------------------------|---|--|
|  | TKT018 Кабл. продолжеток рачваст |  | VMT018 Послаба чешма |
|  | TKT019 Јавна телеф. говорница |  | VMT019 Дворна чешма |
|  | TKT020 Поштенско сандаче |  | VMT020 Уличен затворац на водовод |
|  | TMT001 Топлана |  | VMT021 Ревиизионо окно вон населба |
|  | TMT002 Котларница |  | VMT022 Водоводно окно кружно |
|  | TMT003 Контролано окно |  | VMT023 Водоводно окно четвртасто |
|  | TMT004 Контролано окно |  | VMT024 Уличен затворац во окно |
|  | VGТ001 Природен водоскок |  | VMT025 Уличен затворац без окно |
|  | VGТ002 Артерски бунар |  | VMT026 Затворац блин. цевка во окно |
|  | VGТ003 Бунар со гермом |  | VMT027 Затва. блин. цевка без окно |
|  | VGТ004 Бунар без гермом |  | VMT028 Воздушен вентил без окно |
|  | VGТ005 Јак избор |  | VMT029 Воздушен вентил во окно |
|  | VGТ006 Слаб избор |  | VMT030 Затв. за миенје на канали Ц |
|  | VGТ007 Цистерна со повремена вода |  | VMT031 Затв. за миенје на канали К |
|  | VGТ008 Цистерна со стална вода |  | VMT032 Филерска инсталација |
|  | VGТ009 Пештера со вода |  | VMT033 Водоводна црпа станица |
|  | VGТ010 Извор на лек. при. непокриен |  | VMT034 Водовод приклучок со ланче |
|  | VGТ011 Извор на лек. при. покриен |  | VMT035 Водовод приклучок со затворац |
|  | VGТ012 Знак за вештачки водоток |  | VMT036 водов. приклучок без затворац |
|  | VGТ013 Естабела |  | VMT037 Вкрст. на од. во разни нивоа |
|  | VGТ014 Тек со непостојна вода |  | VMT038 Белега за траса на подз.водо. |
|  | VGТ015 Ознака за река |  | VST001 Аеродром |
|  | VMТ001 Цевчест бунар |  | VST002 Воздухоплобен светилник |
|  | VMТ002 Црпа станица |  | ZST001 Крст за премин без браник |
|  | VMТ003 Филтерска инсталација |  | ZST002 Крст за премин со браник |
|  | VMТ004 Вештачки водоскок фонтана |  | ZST003 Сиг.и предсиг.на отворена пру. |
|  | VMТ005 Испуст од цевковод без окно |  | ZST004 Семафор на спец. носач над кол. |

| | | | | | |
|--|--------|--------------------------------|--|--------|-------------------------------|
| | VMT007 | Надз. хидрант без затварач | | ZST005 | Спроводник за струја железен |
| | VMT008 | Надз. хидрант со затварач | | ZST006 | Спровод. за струја бетонски |
| | VMT009 | Подз. хидрант без затварач | | ZST007 | Спровод. железен двострук |
| | VMT010 | Подз. хидрант со затварач | | ZST008 | Табла за опо. за премин |
| | VMT011 | Обична пумпа | | ZST009 | Семафор жел. или бетонски |
| | VMT012 | Окно со регул. на притисок К | | ZST010 | Семафор бетон. или железен |
| | VMT013 | Окно со регул. на притисок П | | ZST011 | Крст за прем. бран. и светло. |
| | VMT014 | Редуктор со ознака на покровот | | ZST012 | Знак за трамвајска станица |
| | VMT015 | Рени бунар | | ZST013 | Знак за пагови на пруга |
| | VMT016 | Водомер | | ZST014 | Одбојник железен |
| | VMT017 | Појака чешма | | ZST015 | Одбојник земј. вид рампа |
| | RET002 | Шлјунак | | TKT006 | Телефостолб железен |
| | RET003 | Неплодно | | TKT007 | Столб за обеле. траса |
| | RET004 | Мочварно со трска | | TKT008 | Телефонска говорница |
| | RET005 | Мочварно без трска | | TKT009 | Кабловско ТТ окно |
| | RET006 | Природно мочварно со трска | | TKT010 | Кабловски разделник |
| | RET007 | Неродно мочварно без трска | | TKT011 | Централа |
| | RET008 | Поголема падна линија | | TKT012 | Алармен телефон |
| | RET009 | Помала падна линија | | TKT013 | Кабловска кукичка |
| | RET010 | Стени | | TKT014 | Антенски ТТ столб |
| | RET011 | Големи стрмнини | | TKT015 | Теле. за такси станица |
| | RST001 | Пристаниште | | TKT016 | Појачувач кукичка |
| | TKT001 | Телефонски столб | | TKT017 | Кабло. продол. праб |
| | TKT002 | Подзем. кабел телефонски | | VMT006 | Испуст од цевковод од окно |
| | TKT003 | Антиена бетонска | | | |
| | TKT004 | Радиоантиена железна | | | |
| | TKT005 | Телеф. столб бетонски | | | |

| | | | | | |
|---|--------|-----------------------|---|--------|----------------------------|
|  | KU0140 | Лозје |  | KU0442 | Гасовод |
|  | KU0141 | Инт. лозје |  | KU0443 | Парновод |
|  | KU0150 | Либада |  | KU0444 | Цевковод |
|  | KU0160 | Пасиште | | KU0450 | Пов. копови рудници |
|  | KU0170 | Шума |  | KU0461 | Пазар |
|  | KU0180 | Трстици |  | KU0462 | Складиште |
|  | KU0190 | Оризоби ниби |  | KU0463 | Сајмиште |
|  | KU0211 | Извор |  | KU0464 | Христијански гробишта |
|  | KU0212 | Чешма |  | KU0465 | Забавен парк |
|  | KU0213 | Бунар |  | KU0466 | Депонија |
|  | KU0221 | Река |  | KU0467 | Сточни гробишта |
|  | KU0222 | Поток |  | KU0471 | Споменик |
|  | KU0223 | Јаз |  | KU0472 | Ботаничка бавча |
|  | KU0231 | Природно езеро | ZOO | KU0473 | Зоолошка градина |
|  | KU0232 | Вештачко езеро |  | KU0481 | Базен |
|  | KU0233 | Бара |  | KU0482 | Стрелиште |
|  | KU0235 | Рибник | С. Ц. | KU0483 | Спортски центар |
|  | KU0310 | Неплодно земјиште | ХИП | KU0484 | Хипогром |
|  | KU0311 | Дол |  | KU0485 | Плажа |
|  | KU0315 | Каменјар |  | KU0486 | Парк |
|  | KU0316 | Клизиште |  | KU0487 | Камп |
|  | KU0317 | Песочиште | | KU0500 | Индивидуална зграда |
|  | KU0318 | Суво речно корито | | KU0520 | Станбено деловна зграда |
|  | KU0324 | Жив песок | | KU0530 | Деловни згради објекти |
|  | KU0411 | Брани и насипи | | KU0532 | Згради на МВР |
|  | KU0412 | Канали | | KU0534 | Згр. на републички органи |
|  | KU0415 | Водостопански објекти | | KU0535 | Згр. на општествени органи |

| | | | | | |
|---|--------|----------------------------|---|------------------------------|----------------------------|
|  | KU0421 | Јавни патишта | KU0536 | Згради на месни заедници | |
|  | KU0422 | Неактегоризирани патишта | KU0537 | Згради на ЗПП | |
|  | KU0423 | Улицы | KU0538 | Судски згради | |
|  | KU0424 | Плоштад | KU0540 | Деловна зград. дуќанче | |
|  | KU0425 | Паркиралиште | KU0541 | Училишта и научни институции | |
| МЖ | KU0426 | Железничка пруга | KU0550 | Згради во индустрија хали | |
|  | KU0427 | Објекти за езерска и речна | KU0551 | Црква | |
|  | KU0428 | Аеродроми | KU0552 | Католичка црква | |
| | KU0553 | Џамија |  Y Y | KU3464 | Муслимански гробишта |
| | KU0554 | Други верски објекти | KU3600 | Монтажни објекти | |
| | KU0570 | Зграда во останато стопан. |  * * | KU4170 | Шума иглолисна самоникната |
| | KU0600 | Помо. објекти шуши гаражи |  T | KU4464 | Еврејски гробишта |
|  | KU0700 | Двор | KU4600 | Павилјон | |
|  | KU0800 | Градежна парцела |  * * | KU5170 | Шума иглолисна садена |
|  | KU0999 | Дупка во зграда |  T T | KU5464 | Еврејски гробишта |
|  | KU1120 | Градина |  * * * | KU6170 | Шума мешана |
|  | KU1130 | Овоштарник |  | KU6464 | Гробишта од НОБ |
|  | KU1131 | Инт. овоштарник |  | KU7170 | Шума грвосек |
|  | KU1140 | Лозје |  ° ° | KU7464 | Гробишта од НОБ |
|  | KU1141 | Инт. лозје |  | KU8170 | Шума грвосек |
|  | KU1150 | Ливада | NMT001 | Резервоар за нафта | |
|  | KU1160 | Пасиште |  | NMT002 | Нафтно окно |
|  | KU1170 | Шума самоникната |  | NMT003 | Нафт. пумп. постројка |
|  | KU1180 | Трстици |  | NMT004 | Факел |
|  | KU1190 | Оризови ниви |  | NMT005 | Противпожарна станица |
|  | KU1415 | Водоводни објекти |  | NMT006 | Блок станица |
|  | KU1426 | Македонски железници |  | NMT007 | Катодна заштита |
| | | |  | NMT008 | Одушна цевка |





| | | | | | |
|---|--------|--------------------------|---|--------|-------------------------------|
|  | KU1431 | Електрични објекти |  | NMT009 | Сто.за обел.на траса со стац. |
|  | KU1432 | Тел. објекти |  | NMT010 | Знак за предупредување |
|  | KU1441 | Нафтоводни објекти |  | OGT001 | Зид како меѓа зидана ограда |
|  | KU1442 | Гасоводни објекти |  | OGT002 | Два самостојни зида како меѓа |
|  | KU1443 | Парно објекти |  | OGT003 | Зид од наслаган камен |
|  | KU1444 | Цевководни објекти |  | OGT004 | Дрвена ограда |
| | KU1450 | Напуштени рудници |  | OGT005 | Жичана ограда |
|  | KU1464 | Христијански гробишта |  | OGT006 | Жива ограда |
|  | KU1486 | Парк |  | OGT008 | Железна ограда на зиг |
|  | KU1487 | Камп |  | OGT009 | Дрвена ограда на зиг |
| | KU1500 | Станбена зграда барака |  | OGT010 | Жичана ограда на зиг |
| | KU1554 | Други верски објекти |  | OGT011 | Шанец или ров |
| | KU1600 | Метална барака |  | OGT012 | Потпорен зиг |
|  | KU2130 | Дудинка |  | OGT013 | Шанец или ров како меѓа |
|  | KU2170 | Шума садена |  | PST001 | Пумпа за гориво |
|  | KU2464 | Муслимански гробишта |  | PST002 | Сообраќаен знак |
|  | KU2500 | Темели |  | PST003 | Сообраќаен знак |
|  | KU2600 | Киоск трафика |  | OGT007 | Ограда грбо до грбо |
|  | KU3130 | Дудинка |  | KU0429 | Патеки по населби |
|  | KU3170 | Шума иглолисна |  | KU0431 | Електроенергетски објекти |
|  | PST004 | Сообраќаен знак |  | KU0432 | Обј. за телекомуникација |
|  | PST005 | Сообраќаен знак |  | KU0441 | Нафтовод |
|  | PST006 | Светлосен сигнал |  | PST011 | Ознака за автобуска станица |
|  | PST007 | Ознака за предупредување |  | PST012 | Табла со име на место |
|  | PST008 | Радио звучник |  | PST013 | Патоказ |
|  | PST009 | Килиметарски столб |  | RET001 | Песок |
|  | PST010 | Хектометарски столб | | | |

**Картографски знаци за карти во размер
1:25000, 1:50000, 1:100000 и 1:200000**





1. ЗНАЦИ ЗА ОБЈЕКТИ ВО НАСЕЛБИ

1.1. Поединечни објекти во населбите

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|--|--|
| 1. | а)  б)  | зграда: а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |
| 2. | а)  б)  | солитер: а) прикажан со вонразмерен знак б) прикажан во размерот на картата |
| 3. |  | објект (општествен, стопански и слично) šk.- училиште; bl.- болница; pl. d.- планинарски дом и слично |
| 4. |  | напуштена зграда, урнатина од зграда |
| 5. |  | барака; настрешница; камп-куќа |
| 6. |  | колиба; трло; бачило; кошара и сл. |
| 7. |   | црква |
| 8. |   | црква со две или повеќе камбанарии |
| 9. |   | џамија |
| 10. |   | синагога |
| 11. |   | манастир |
| 12. |  | црквичка |
| 13. |  | турбе |
| 14. | а)  б)  а)  б)  а)  б)  а)  б)  | гробишта: а) прикажани со вонразмерен знак б) прикажани во размерот на картата - христијански - исламски - еврејски - спомен-гробишта |
| 15. |  | замок |
| 16. | а)  б)  | стадион или спортско игралиште: а) прикажан со вонразмерен знак б) прикажан во размерот на картата |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|--|--|
| 17. | а)  б)  | тврдина: а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |
| 18. | а)  б)  | урнатина: а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |



1.2. Примери на прикажување на населби

| | | |
|-----|---|-----------------|
| 19. |  | градска населба |
| 20. |  | блок згради |
| 21. |  | група згради |
| 22. |  | ред згради |

2. ЗНАЦИ ЗА СТОПАНСКИ И ЈАВНИ ОБЈЕКТИ

2.1. Индустриски и енергетски објекти

| | | |
|-----|--|--|
| 23. |  | фабрика; тулана-прикажана во размерот на картата |
| 24. | а)  fbr. tv. cg. б)  fbr. tv. cg. | помала фабрика; помала тулана-прикажани со вонразмерен знак: а) со одак б) без одак fbr.-фабрика; tv.-фабрика; cg.-тулана |
| 25. | а)  б)  | рафинерија и други специфични фабрички постројки: а) прикажани со вонразмерен знак б) прикажани во размерот на картата |
| 26. | а)  б)  32 sil. | силос: а) прикажан со вонразмерен знак б) прикажан во размерот на картата (бројката го означува бројот на келиите) |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|---|
| 27. |  | фабричка хала; складиште; хангар |
| 28. |  | транспортна лента за разни материјали |
| 29. |  | термоелектрана; нуклеарна електрана а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |
| 30. |  | хидроелектрана |
| 31. |  | далновод: а) аголен или маркантен столб б) трансформатор в) ознака за видот на материјалот на столбот В-бетон; D-дрво; Ж-железо г) помала разводна постројка д) ознака на напонот во киловолти ф) поголема разводна постројка е) трансформатор на подземен далновод |
| 32. |  | дупка за експлоатација на нафта и плин: а) со кула б) без кула |
| 33. |  | резервоар за гориво N-нафта; Vz-бензин; PI-гас |
| 34. |  | гасна станица (производство на гас) |
| 35. |  | гасовод: а) надземен б) подземен |
| 36. |  | нафтовод: а) надземен б) подземен |
| 37. |  | рудник (до знакот е дадено и името на соодветниот вид руда) |
| 38. |  | напуштен рудник |
| 39. |  | мајдан K-камен; M-мермер; P-песок; Š-чакал |
| 40. |  | пилана |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|------|-----------------------|
| 41. | | варцилница |

2.2. Други стопански и јавни објекти

| | | |
|-----|----------------------|---|
| 42. | а) 27 б) 32 32 | антенски столб на радиостаница, телевизиска станица или релејна станица а) на ТК 25 и ТК 50 б) на ТК 100 и ТК 200 (бројката ја означува висината на столбот во метри) |
| 43. | | метеоролошка станица |
| 44. | а) б) | кула: а) за набљудување б) за други намени |
| 45. | | ветерница |
| 46. | | споменик |
| 47. | | спомен плоча |
| 48. | | религиозен знак |
| 49. | | осамен гроб |
| 50. | | козolec |

3. ЗНАЦИ ЗА ОБЈЕКТИ НА СООБРАЌАЈНАТА МРЕЖА

3.1. Железнички пруги и жичарници

| | | |
|-----|--|--|
| 51. | | пруга со нормален колосек, два колосека (широчина на колосекот 1,435 м) |
| 52. | | пруга со нормален колосек, еден колосек (широчина на колосекот 1,435 м) |
| 53. | | пруга со нормален колосек, електрифицирана |
| 54. | | пруга со нормален колосек, во изградба |
| 55. | | пруга со тесен колосек (бројката ја означува широчината на колосекот во метри) |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|------|-------------------------------------|
| 56. | | пруга со тесен колосек, во изградба |
| 57. | | напуштена пруга |
| 58. | | трамвајска пруга |
| 59. | | жичарница |

3.2. Патишта на ТК 50, ТК 100 и ТК 200, изданија до 1980 година и сите изданија на ТК 25

а) на ТК 25 и ТК 50





| | | |
|-----|--|---|
| 60. | | автопат (11-широчина на еден коловоз; 4-широчина на разделниот појас; 11-широчина на вториот коловоз; A -асфалт) |
| 61. | | автопат со еден изграден коловоз (A -асфалт; 11-широчина на изградениот коловоз) |
| 62. | | пат наменет исклучително за сообраќај со моторни возила (8-широчина на коловозот; A -асфалт) 9-широчина на планумот) |
| 63. | | пат со современ коловоз (7-широчина на коловозот; B -бетон; 8-широчина на планумот) |
| 64. | | пат со коловоз со тенок застор на асфалт (5.5-широчина на коловозот; P -пенетрација со асфалт; 6-широчина на планумот) |
| 65. | | пат со коловоз од толченик или пат со беспрашен коловоз со широчина од 3-4 м. (4 и 3.5-широчина на коловозот; M -макадам; P -пенетрација со асфалт; 5.5 и 6-широчина на планумот) |
| 66. | | подабар колски пат (одржуван) |

ЗАБЕЛЕШКА:







Во некои изданиеја на ТК 50, покрај знакот за пат не се прикажани бројно - буквени податоци.

б) на ТК 100






| | | |
|-----|--|---------|
| 67. | | автопат |
|-----|--|---------|



| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|--|
| 68. |  | пат наменет исклучително за сообраќај на моторни возила (А-асфалт; 9-широчина на коловозот) |
| 69. |  | пат со современ коловоз (А-асфалт; 8-широчина на коловозот) |
| 70. |  | пат со коловоз од толченик (макадам) (М-макадам; 4-широчина на коловозот) |
| 71. |  | подобар колски пат (одржуван) |

в) на ТК 20



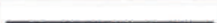





| | | |
|-----|---|---|
| 72. |  | автопат (А-асфалт; 2/12-број на коловозот/широчина на едниот коловоз) |
| 73. |  | автопат со еден изграден коловоз (А-асфалт; 12-широчина на изградениот коловоз) |
| 74. |  | автомобилски пат исклучително за сообраќај со моторни возила (А-асфалт; 8-широчина на коловозот) |
| 75. |  | пат со современ коловоз (А-асфалт; В-бетон; К-коцка; Р-пенетрација со асфалт; 6-широчина на коловозот) |
| 76. |  | пат со коловоз од макадам (М-макадам; 4-широчина на коловозот) |
| 77. |  | подобар колски пат (одржуван) |

3.3. Патишта на ТК 50, ТК 100 и ТК 200, изданија после 1980 година

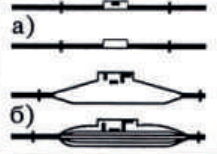





| | | |
|-----|---|---|
| 78. |  | автопат (А-асфалт; 12-широчина на едниот коловоз) |
| 79. |  | автопат со раздвоени коловози (стрелката ја покажува насоката на сообраќај) |
| 80. |  | автопат со еден изграден коловоз (А-асфалт; 12-широчина на коловозот) |
| 81. |  | современ пат (8-широчина на планумот; А-асфалт; 7-широчина на коловозот) |
| 82. |  | пат со осовремен коловоз (5-широчина на планумот; А-асфалт; 4-широчина на коловозот) |

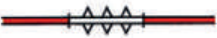









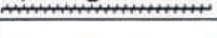


| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|---|
| 83. |  | пат со коловоз од толченик (макадам) (5-широчина на планумот; М-макадам; 3.5-широчина на коловозот) |
| 84. |  | подобар колски пат (одржуван) |

3.4. Патишта во изградба, полски патишта и патеки

| | | |
|-----|---|--|
| 85. |  | автопат во изградба |
| 86. |  | пат во изградба |
| 87. |  | напуштен пат |
| 88. |  | обичен колски пат |
| 89. |  | лош колски пат |
| 90. |  | коњска патека |
| 91. |  | пешачка патека |
| 92. |  | пешачка патека - делумно незабележлива |

3.5. Објекти на пругите и патиштата

| | | |
|-----|---|--|
| 93. |  | железничка станица: а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |
| 94. |  | мост: а) прикажан со вонразмерен знак б) прикажан во размерот на картата |
| 95. |  | мост на столбови; вијадукт |
| 96. |  | мост за наизменичен железнички и патен сообраќај |
| 97. |  | мост за истовремен железнички и патен сообраќај |
| 98. |  | мостови блиски и паралелни |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|---|--|--|
| 99. |  | мост на пловни објекти |
| ЗАБЕЛЕШКА: На ТК 25, до знаците од 94-99, применети се кратенки за материјалот на конструкцијата на мостот: В -бетон, С -тула, Д -дрво, Г -железо, К -камен; а за мостовите на патиштата и ознаки: 30/8 -носивост во тони/широчина на коловозот на мостот | | |
| 100. |  | тесен мост за пешаци и добиток; висечки мост |
| 101. |  | греда |
| 102. |  | пропуст на железничка пруга или пат |
| 103. | а)  б)  | тунел: а) прикажан со вонразмерен знак б) прикажан во размерот на картата |
| 104. | а)  б)  | галерија: а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |
| 105. |  | проширување на пат |
| 106. |  | стеснување на пат |
| 107. |  | серпентина (точките означуваат кривина која подолгите возила не можат да ја совладаат одеднаш; цртичките означуваат наклон поголем од 10 %) |
| 108. |  | заштитен ѕид (бројката ја означува височината на ѕидот во метри) |
| 109. |  | потпорен ѕид (бројката ја означува височината на ѕидот во метри) |
| 110. | а)  б)  | насип: а) поголем (бројката ја означува височината на насипот во метри) б) помал (бројката ја означува височината на насипот во метри) |
| 111. |  | стрмен отсек (бројката ја означува длабочината на отсекот во метри) |
| 112. |  | пруга или пат на насип (бројката ја означува височината на насипот во метри) |
| 113. |  | пруга или пат во усек (бројката ја означува длабочината на усекот во метри) |
| 114. |  | вкрстување на патишта со пруга во исто ниво (пример) |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|------|--|
| 115. | | <p>вкрстување на патишта со пруга во различни нивоа (пример)</p> <p>а) надвозник (објекти над нивото на земјиштето)</p> <p>б) подвозник(објекти во нивото на земјиштето)</p> |
| 116. | | <p>минување на пат низ населба (примери)</p> |

3.6. Објекти на воздушниот сообраќај

| | | |
|------|--|---|
| 117. | | <p>аеродром:</p> <p>а) прикажан со симболичен знак</p> <p>б) прикажан со знакот на полетувачко-слетувачката патека и со симболичен знак</p> <p>в) прикажан во размерот на картата</p> |
| 118. | | <p>воздухопловен светилник</p> |










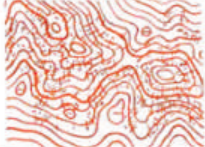
4. ЗНАЦИ ЗА ПРИКАЖУВАЊЕ НА РЕЛЈЕФОТ НА ЗЕМЈИШТЕТО

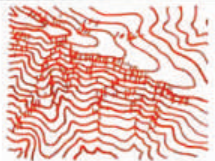
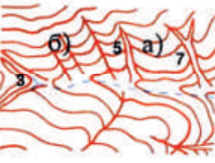
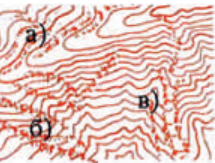
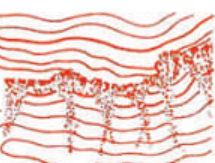
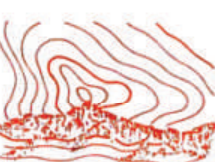

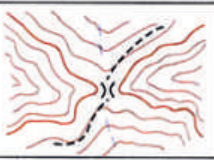
4.1. Изохипси и коти






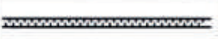






| | | |
|------|--|---|
| 119. | | <p>основна изохипса</p> <p>еквидистанција: 10 м на ТК 25 20 м на ТК 50 20 м на ТК 100 100 м на ТК 200</p> |
| 120. | | <p>главна изохипса (бројката ја означува надморската височина)</p> |
| 121. | | <p>помошна изохипса</p> <p>а) на половина од еквидистанцијата</p> <p>б) на четвртина од еквидистанцијата</p> |
| 122. | | <p>кота на точката на земјиштето (бројката ја означува надморската височина на точката)</p> |


| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|--|-------------------------|--|
| 123. |) (221 | кота на превој или седло (бројката ја означува надморската височина на точката) |
| 124. | ⊕ 216 △ 260 ⊙ 104 | кота на објект (бројката ја означува надморската височина на подножјето на котираниот објект) |
| ЗАБЕЛЕШКА: Надморските височини на доминантните врвови се дадени со нешто поголеми (повпечатливи) бројки | | |

4.2. Детали во релјефот на земјиштето

| | | |
|---|--|--|
| 125. |  | свиок на земјиштето, впечатливо благ детал, кој не може да се прикаже со изохипсите на усвоената еквидистанција |
| 126. |  | надолнина со впечатлив свиок, која не може да се прикаже со изохипсите на усвоената еквидистанција |
| 127. |  | падници на изохипсите (ја означуваат насоката на наклонот на релјефот на земјиштето) |
| 128. | а)  б)  | вртача: а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |
| 129. |  | вртача, во рамничарски терен, која не може да се прикаже со изохипсите на усвоената еквидистанција |
| 130. |  | тумба (могила), во рамничарски терен, која не може да се прикаже со изохипсите на усвоената еквидистанција |
| 131. |  | природен отсек |
| 132. |  | вдлабнување, во рамничарски терен, со врежани страни |
| 133. |  | шкрапи, мрежести |
| ЗАБЕЛЕШКА: Затворените карстни вдлабнатини се прикажани на ТК 50 и ТК 100, уште и во посветол тон, во сива боја | | |











| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|--|
| 134. |  | шкрапи, ребрести |
| 135. |  | вододерина, суводолица: а) поголема б) помала (бројките ја означуваат длабочината во метри) |
| 136. |  | карпести слоеви: а) хоризонтални б) коси в) вертикални |
| 137. |  | сипар, од чакал или од земја, со точила |
| 138. |  | карпест отсек |
| 139. |  | осамена карпа прикажана со вонразмерен знак |
| 140. |  | превој - преслап |








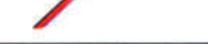



| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|--|---|
| 141. |  | карпест гребен |
| 142. |  | карпи, плазини, ледници |
| 143. | а)  б)  | пештера: а) со вода б) без вода |
| 144. |  | јама; бездна |
| 145. |  | сув ров - ендек |
| 146. | а)  б)  в)  | површински коп: а) засек б) откоп в) ископ (бројката ја означува длабочината во метри) |
| 147. | а)  б)  | депонија за отпаден материјал: а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |
| 148. |  | куп камења; камена тумба |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|--|
| 149. |  | тераса во карстни и силно ерозивни предели |







5. ЗНАЦИ ЗА КОПНЕНИ ВОДИ И ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ

5.1. Водотеци и води што стојат

| | | | |
|------|---|--|---|
| 150. |  | река со ширина преку: (линиите на бреговите се прикажани во размерот на картата) | 10м (ТК 25) 25м (ТК 50) 50м (ТК 100) 100м (ТК 200) |
| 151. |  | река со ширина: (линиите на бреговите се прикажани на константно растојание како вонразмерен знак) | 5- 10м (ТК 25) 10- 25м (ТК 50) 20- 50м (ТК 100) 40-100м (ТК 200) |
| 152. |  | река со ширина: | до 5м (ТК 25) до 10м (ТК 50) до 20м (ТК 100) до 40м (ТК 200) |
| 153. |  | канал со ширина преку: (линиите на бреговите се прикажани во размерот на картата) | 10м (ТК 25) 20м (ТК 50) 50м (ТК 100) 100м (ТК 200) |
| 154. |  | канал со ширина: (линиите на бреговите се прикажани на константно растојание како вонразмерен знак) | 5- 10м (ТК 25) 10- 25м (ТК 50) 20- 50м (ТК 100) 40-100м (ТК 200) |
| 155. |  | канал со ширина: | до 5м (ТК 25) до 10м (ТК 50) до 20м (ТК 100) до 40м (ТК 200) |
| 156. |  | река или канал, повремено без вода, со ширина повеќе од: | 5м (ТК 25) 10м (ТК 50) 20м (ТК 100) 40м (ТК 200) |
| 157. |  | река, поток, канал или јаз, повремено без вода, со ширина до: | 5 м (на ТК 25) 10 м (на ТК 50) 20 м (на ТК 100) 40 м (на ТК 200) |
| 158. |  | понорница | |
| 159. |  | канал во усек (бројката ја означува длабочината на усекот во метри) | |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|--|---|
| 160. |  | канал со бетониран усек или со заштита од бетонски или камени плочи (бројката ја означува длабочината на усекот во метри) |
| 161. |  | канал на подземен систем за наводнување |
| 162. |  | канал бетонски, на земјиште или на столбови до 1.5 м височина |
| 163. |  | аквадукт |
| 164. |  | канал со поголеми насипи (бројките означуваат: 6-длабочина на усекот од врвот на насипот до дното на каналот; 4-височина на насипот во метри) |
| 165. |  | канал со помали насипи (бројките означуваат: 3-длабочина на усекот од врвот на насипот до дното на каналот; 2-височина на насипот во метри) |
| 166. |  | канал или јаз на насип (бројката означува височина на насипот во метри) |
| 167. |  | сифон; премин на канали и на други водотеци под пат, пруга или други објекти |
| 168. | а)  б)  | езеро, бара или вир: а) со помала површина б) со поголема површина |
| 169. |  | рибник со насипи и преграда |














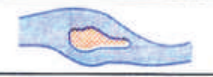

5.2. Брегови на водотеци и неистечни води

| | | |
|------|--|--|
| 170. | а)  б)  | брег: а) одреден б) неодреден |
| 171. |  | брег песоклив |
| 172. |  | брег карпест |
| 173. | а)  б)  | брег вертикално врежан: а) до самиот тек б) оддалечен од текот |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|------|--|
| 174. | | поткапина - поткоп |
| 175. | | осигурен брег: а) со камен или бетон б) со дрво |
| 176. | | кеј |
| 177. | | стрмни брегови на поток во ритчесто или планинско земјиште (бројката ја означува длабочината на брегот во метри) |
| 178. | | стрмни брегови на поток во рамничарско земјиште (бројката ја означува длабочината на брегот во метри) |


















5.3. Објекти и детали на водотеци

| | | |
|------|--|--|
| 179. | | пристаниште со мост за застанување на бродови |
| 180. | | скеле моторно (траект) со мост за застанување |
| 181. | | скеле за превоз на возила |
| 182. | | скеле за превоз на добиток и луѓе |
| 183. | | скеле за превоз на луѓе |
| 184. | | газалиште (бројката ја означува длабочината на газалиштето во метри, а буквите видот на дното: К -каменливо; Р -песокливо; В -каливо) |
| 185. | | брана, бетонска или камена, во размерот на картата |
| 186. | | брана, бетонска или камена со премин за возила, во размерот на картата |
| 187. | | брана земјана, во размерот на картата |
| 188. | | брана земјана со премин за возила, во размерот на картата |
| 189. | | брана прикажана со вонразмерен знак |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|--|
| 190. |  | брана од реден или нафрлен камен, прачки или дрва |
| 191. |  | преграда: а) дрвена б) бетонска, камена или метална |
| 192. |  | водопад: а) на поголема река б) на помала река |
| 193. |  | каскада: а) на река чиј тек е прикажан со две линии б) на река или поток чиј тек е прикажан со една линија |
| 194. |  | пловност за поголеми бродови |
| 195. |  | пловност за помали бродови: а) во две насоки б) само во една насока |
| 196. |  | пловност за сплавови |
| 197. |  | мразобран кај мост |
| 198. |  | одбивач на вода: а) бетонски или камен б) дрвен |
| 199. |  | воденица |
| 200. |  | воденица на чамци |
| 201. |  | километарска ознака на брегот на реката (бројката го означува бројот на километарската ознака) |
| 202. |  | остров |
| 203. |  | песочен нанос во речен тек |
| 204. |  | насока на текот |



| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|------|-----------------------|
|----------|------|-----------------------|

5.4. Објекти за вода

| | | |
|------|---|---------------------------------------|
| 205. |  | извор со поголема штедрост |
| 206. |  | извор со помала штедрост |
| 207. |  | чешма со поголема штедрост |
| 208. |  | чешма со помала штедрост |
| 209. |  | бунар |
| 210. |  | бунар со ќерам |
| 211. |  | бунар артески |
| 212. |  | цистерна во која постојано има вода |
| 213. |  | цистерна во која (повремено) има вода |
| 214. |  | резервоар на вода во вид на кула |
| 215. |  | базен за вода |
| 216. |  | пумпа за вода |
| 217. |  | долап |
| 218. |  | водовод |
| 219. |  | водоводен резервоар |
| 220. |  | тунел за вода; покриен канал |
| 221. |  | надземна водоводна цевка |

6. ЗНАЦИ ЗА ПОМОРСКА И ПОДМОРСКА СОДРЖИНА

6.1. Видови на брегови и крајбрежни дна

| | | |
|------|---|--|
| 222. | а)  б)  | линија на морски брег: а) одредена б) неопределена |
|------|---|--|


| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|--|
| 223. |  | брег песоклив |
| 224. |  | брег со камен или чакал |
| 225. |  | брег гребенест |
| 226. |  | брег стрмен |
| 227. |  | брег клисурест |
| 228. |  | брег непогоден за застанување, косо граден |
| 229. |  | дно суво за време на осека, од тиња |
| 230. |  | дно суво за време на осека, песокливо |
| 231. |  | дно суво за време на осека, од чакал |
| 232. |  | дно суво за време на осека, каменито |

6.2. Длабочини и изобати




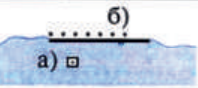





| | | |
|------|---|---|
| 233. |  | длабочини на море (бројките ја означуваат длабочината на морето во однос на хидрографската нула) |
| 234. |  | изобата за длабочини 2 м |
| 235. |  | изобата за длабочини 5 м |
| 236. |  | изобата за длабочини 10 м |
| 237. |  | изобата за длабочини 20 м |
| 238. |  | изобата за длабочини 50 м |
| 239. |  | изобата за длабочини 100 м |

6.3. Опасности за пловидба

| | | |
|------|---|---------------------------------------|
| 240. |  | гребен во ниво на хидрографската нула |
|------|---|---------------------------------------|

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|--|--|
| 241. |  | карпа: а) прикажана со вонразмерен знак б) прикажана во размерот на картата |
| 242. |  | гребен кој за време на осека се појавува од море |
| 243. |  | гребен кој е постојано потопен помалку од 2 м под хидрографската нула |
| 244. |  | гребен постојано потопен повеќе од 2 м под хидрографската нула (бројката ја означува длабочината до гребенот во метри) |
| 245. |  | граница на подводни опасности |
| 246. |  | подводен 'рт делумно над морето |
| 247. |  | подводен 'рт под морето, опасен |
| 248. |  | подводен 'рт над кој длабочината е позната (бројката ја означува длабочината до подводниот 'рт, Wk-ознака за подводен 'рт - Wreck) |

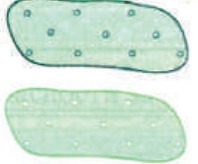
6.4. Останати поморски и крајбрежни содржини

| | | |
|------|---|--|
| 249. |  | пристаниште |
| 250. |  | далгобран |
| 251. |  | гат: а) цврсто градена б) од наредени камења в) од нафрлани камења г) дрвен д) прикажан со вонразмерен знак |
| 252. |  | битва: а) во вода б) на копно |
| 253. |  | светилник, светло |
| 254. |  | хидрант |
| 255. |  | ознаки, сидани |
| 256. |  | ознаки всадени |
| 257. |  | столб; колец; стап; летва |


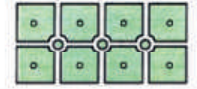



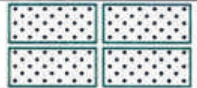




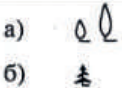
| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|--|
| 258 |  | пливки за означување |
| 259 |  | пливки за врзување |
| 260 |  | пливки што светат |
| 261 |  | сидриште за големи бродови |
| 262 |  | сидриште за мали бродови |
| 263 |  | сидрење забрането |
| 264 |  | кабелска куќичка |
| 265 |  | подводен кабел (TT-телеграфско-телефонски; el-електричен) |
| 266 |  | влекач (навоз) на шини |
| 267 |  | траект за железнички возила со мост за застанување |
| 268 |  | траект за моторни возила со мост за застанување |
| 269 |  | док, сув |
| 270 |  | мост вртчеки: а) прикажан со вонразмерен знак б) прикажан во размерот на картата |
| 271 |  | граница на забрането подрачје, односно граница за пловидба |
| 272 |  | канал багерован, пат пловидбен |
| 273 |  | солана |



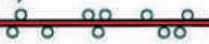

7. ЗНАЦИ ЗА РАСТЕНИЈА И ВИДОВИ НА ПОЧВА

7.1. Растенија




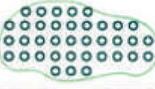


| | | |
|-----|---|---|
| 274 |  | пошумени површини со млади садници до 1,5 м височина |
|-----|---|---|

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|------|--|
| 275. | | <p>шума:</p> <p>а) одредена граница б) неодредена граница - листопадна, - зимзелена, - мешовита (само на ТК 25: G-густа, R-ретка, SG-средно густа шума, Š-честак, 20/0,03-средна височина на дрвјата/средна дебелина на стеблата)</p> |
| 276. | | шума со просеци |
| 277. | | плантажа на тополи |
| 278. | | тешко проодни боцкави грмушки; макија; (податок за средната височина на грмушките само на ТК 25) |
| 279. | | шума прикажана со вонразмерен знак |
| 280. | | тесен шумски заштитен појас |
| 281. | | <p>грмушки густы:</p> <p>а) одредена граница б) неодредена граница (бројката ја означува средната височина на грмушките во метри)</p> |





| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|---|
| 282. |  | грмушки со различна густина: а) со одредена граница б) без одредена граница |
| 283. |  | парк |
| 284. |  | овоштарник |
| 285. |  | лозје |
| 286. |  | лозје со огради од редени камења и со тераси (приморски тип) |
| 287. |  | лозје плантажно |
| 288. |  | засад со хмељ |
| 289. |  | оризово поле |
| 290. |  | ливада; пасиште; утрина |
| 291. |  | дрво |
| 292. |  | дрво осамено и впечатливо: а) листопадно б) четинарско (иглолисно) |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|---|--|
| 293. |  | дрвја, група |
| 294. |  | дрвја, ред |
| 295. | <p>а) </p> <p>б) </p> | дрвја покрај пат: а) поединечно б) дрворед |

7.2. Измена на знаците за растојанија на ТК 50, ТК 100 и ТК 200, изданија после 1980 година

| | | |
|------|---|---|
| 296. |  | шума |
| 297. |  | шума со просеци |
| 298. |  | тешко проодни боцкави грмушки; макија |
| 299. |  | расадник; млади садници |
| 300. | <p>а) </p> <p>б) </p> | грмушки: а) густе б) со различна густина (густината на знаците е соодветна на густината на грмушките во природата) |

7.3. Видови на почви

| | | |
|------|---|--|
| 301. | <p>а) </p> <p>б) </p> | почва, мочурлива, проодна: а) без шамак б) со шамак (оценката на проодноста се однесува на движењето на пешаците) |
| 302. | <p>а) </p> <p>б) </p> | почва, мочурлива, тешко проодна: а) без шамак б) со шамак |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|------|---|
| 303. | | почва, мочурлива, непроодна: а) без шамак б) со шамак |
| 304. | | почва, периодично поплавена |
| 305. | | почва, каменита |
| 306. | | тресетиште |

8. ЗНАЦИ ЗА ГРАНИЦИ, ГРАНИЧНИ ОБЈЕКТИ И ОГРАДИ

8.1. Граници и гранични објекти

| | | |
|------|--|--|
| 307. | | државна граница |
| 308. | | караула гранична |
| 309. | | столб граничен |
| 310. | | табла гранична |
| 311. | | гранична ознака во вид на крст на карпа или на плоча |





8.2. Огради

| | | |
|------|--|---|
| 312. | | ограда сидана или од реден камен |
| 313. | | ограда жичена |
| 314. | | плот; ограда од штици; јасно впечатлива граница на раб на населба и други објекти |
| 315. | | жива ограда |

| Ред. бр. | Знак | Објаснување на знакот |
|----------|------|-----------------------|
|----------|------|-----------------------|

9. ЗНАЦИ ЗА ГЕОДЕТСКИ ТОЧКИ

9.1. Тригонометриски и нивелмански точки

| | | |
|------|---|--|
| 316. |  769  1049 | тригонометриска точка (бројката ја означува надморската височина. На доминантните врвови, дадени се нешто поголеми броеви.) |
| 317. |  502 | тригонометриска точка стабилизирана со белег, со височина преку 1 метар |
| 318. |  692.5 | нивелманска точка; репер (бројката ја означува надморската височина на реперот) |

9.2. Објекти како тригонометриски точки

| | | |
|------|---|--|
| 319. |  793 | црква како тригонометриска точка |
| 320. |  712 | џамија како тригонометриска точка |
| 321. |  652 | синагога како тригонометриска точка |
| 322. |  801 | манастир како тригонометриска точка |
| 323. |  1192  991 | телекомуникациони столбови како тригонометриски точки |
| 324. |  662 | метеоролошка станица како тригонометриска точка |
| 325. |  1040 | граничен столб како тригонометриска точка |
| 326. |  779 | споменик како тригонометриска точка |
| 327. |  319 | фабрички оџак како тригонометриска точка |
| 328. |  671 | километарска ознака - табла на брег на река, како тригонометриска точка |

ЗАБЕЛЕШКА:

Дел од знаците во вид на слики и симболи, заради прегледност, се зголемени до 70%.