Ռ. Հ. Մովսիսյան

ԳԵՈԴԵԶԻԱ

դասագիրք

I Մաս



Երեւան 2002

ՀՀ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ
ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԳԵՈԴԵԶԻԱՅԻ ԱՄԲԻՈՆ

ԳԵՈԴԵԶԻԱ

ԴԱՍԱԳԻՐՔ
ՄԱՍ I

ԵՐԵՎԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
Գրադարան

ԵՐԵՎԱՆ 2002

Նվիրվում է Աբրահամ եւ Սափարիա Խուդիկյանների հիշատակին Գուրգեն, Էմմա եւ Կարեն ու Կարինե Խուդիկյանների եւ Արմինե ու Ռազմիկ Փերյանների ընտանիքներից, ամերիկահայ ճարտարագետների եւ գիտնականների ընկերակցության նախաձեռնությամբ:

Տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ա. Գ. Բեգլարյանի խմբագրությամբ
Գրախոս՝ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆ. Ս. Մ. Ղազարյան

ՀՀԱԱ-ի ակադեմիկոս Ռաֆայել Հակոբի Մովսիսյանի «Գեոդեզիա» դասագրքում քննարկված են ժամանակակից գեոդեզիային վերաբերող խնդիրները: Հանգամանորեն նկարագրված են տեղագրական եւ կադաստրային քարտեզագրման նպատակով կատարվող հանույթները եւ դրանք իրականացնելու համար գեոդեզիական ցանցերի ստեղծման գործընթացները:

Դասագրքում առաջին անգամ պատշաճ ուշադրությամբ բացատրվում է ժամանակակից էլեկտրոնային տախեոմետրերի օգնությամբ հանույթային ցանցերի պարամետրերի հաշվարկման մեթոդները: Ապացուցվում է նորագույն տեխնոլոգիաների կիրառման առավելությունը:

Դասագիրքը նախատեսված է բուհերի, տեխնիկումների, քոլեջների ուսանողների, ինչպես նաեւ դասախոսների ու ասպիրանտների համար: Այն օգտակար կլինի նաեւ արտադրությունում աշխատող մասնագետներին, ովքեր կցանկանան տեղեկություններ ստանալ նորագույն սարքերի եւ տեխնոլոգիաների մասին:

Рафаел Акопович Мовсесян
“Геодезия”
часть 1
Изд-во Ереванского государственного университета архитектуры и строительства

В учебнике академика НАН РА Р.А. Мовсесяна рассмотрены задачи, относящиеся к современной геодезии. Описаны подробно работы, связанные с выполнением топографических и кадастровых съемок, а также процессы создания геодезических сетей для их осуществления.

В учебнике достаточно подробно рассматриваются вопросы проектирования съемочных геодезических сетей с использованием современных электронных тахеометров, обосновываются их преимущества.

Учебник предназначен для студентов вузов, техникумов и коледжей, а также для преподавателей и аспирантов. Он будет полезен также специалистам геодезического производства, которые пожелают ознакомиться с современными приборами и технологиями.

Շապիկի ձեւավորումը՝ Արմինե Հարությունյանի:

ՆԱԽԱԲԱՆ

Գեոդեզիա առարկան դասավանդվում է հանրապետության տարբեր ուսումնական հաստատություններում՝ Երեւանի ճարտարապետության եւ շինարարության պետական համալսարանում, Հայաստանի պետական ճարտարագիտական եւ Պետական համալսարաններում, Հայկական գյուղատնտեսական ակադեմիայում, Երեւանի, Գյումրիի, Վանաձորի, Աբովյանի, Կապանի մելիորատիվ եւ շինարարական քոլեջներում ու տեխնիկումներում:

Ներկա ժամանակ ճարտարագիտական մասնագիտությունների ուսանողների համար հիմնական դասագիրքը Լ.Ն.Մանուչարյանի «Գեոդեզիա» գիրքն է, որը վերջին անգամ հրատարակվել է 1974 թվականին: Նույն թվականին հրատարակվել է համալսարանի ուսանողների համար Մ. Խաչատրյանի «Գեոդեզիայի հիմունքներ» դասագիրքը: 1985 թվականին հրատարակվել է Ռ.Ռ.Սինանյանի եւ Ա.Կ.Թովմասյանի «Գեոդեզիա եւ ատրաֆոտոհանույթի հիմունքները», իսկ 1990 թվականին՝ Ա.Գ.Բեգլարյանի «Ինժեներական գեոդեզիա» ուսումնական ձեռնարկները:

Նշված դասագրքերը եւ ձեռնարկները մեծ դեր են ունեցել Հայաստանում բարձրորակ մասնագետներ պատրաստելու գործում:

Գրքերի հրատարակումից հետո անցել են բավական տարիներ: Գեոդեզիան որոշակի զարգացում է ունեցել, հատկապես նոր, ժամանակակից չափիչ սարքեր ստեղծելու ուղղությամբ: Օրինակ՝ մետաղական շրջաններով եւ վերնիերներով օժտված թեոդոլիտները (անկյունաչափ գործիքները) փոխարինվել են ապակե լիմբեր եւ մանրադիտակներ ունեցող գործիքներով: Դրանք իրենց հերթին փոխարինվում են էլեկտրոնային թեոդոլիտներով, որոնցում հաշվանքները կատարվում եւ գրանցվում են ավտոմատ կերպով: Չափերիզների եւ ժապավենների հետ մեկտեղ այսօր գծային չափումների ժամանակ լայն կիրառում են գտնում լազերային լուսահեռաչափերը եւ չափերիզները: Արտադրվում են նաեւ նոր տիպի էլեկտրոնային տախեոմետրեր եւ մակարդակաչափեր (նիվելիրներ):

Օրվա խնդիր է դարձել գեոդեզիական արտադրության մեջ արբանյակային համակարգերի ներդրումը գծային եւ բարձունքային չափումների ժամանակ, ավտոմատացված տախեոմետրերի ներդրումը տեղագրական հանույթների ժամանակ: Խոշոր կառուցվածքների հիմքերի նստվածքների (դեֆորմացիաների) որոշման համար կիրառում են ստանում հիդրոդինամիկ մակարդակաչափման ավտոմատացված սարքերը:

Վերը նշվածը եւ այն հանգամանքը, որ թվարկված գրքերը վաղուց չկան վաճառքում, պահանջում է նոր գրքեր եւ ձեռնարկներ ստեղծել գեոդեզիայի ասպարեզում: Դրանց շարքին է պատկանում «Գեոդեզիա» դասագիրքը: Գրքում բերված են հիմնական տեղեկություններ գեոդեզիական հանույթների, այդ հանույթների ժամանակ օգտագործվող գործիքների եւ գեոդեզիական նշահարումների մասին, նկարագրված է գեոդեզիական հանույթային ցանցերի պարամետրերի հաշվարկը էլեկտրոնային տախեոմետրեր կիրառելու դեպքում: Մոտ ապագայում նախատեսվում է հրատարակել ձեռնարկներ, որոնցից մեկը պետք է վերաբերվի բարձրագույն գեոդեզիայի հարցերին, մյուսները՝ նորագույն էլեկտրոնային սարքերին եւ արբանյակային տեխնոլոգիաներին:

Այդպիսի գրքերի հրատարակման անհրաժեշտությունը բխում է ոչ միայն արտադրությունում աշխատող մասնագետների կարիքները բավարարելու պահանջներից, այլեւ այն հանգամանքից, որ Երեւանի ճարտարապետության եւ շինարարության պետական համալսարանում բացվել են նոր մասնագիտություններ ճարտարագետ-գեոդեզիստներ եւ կադաստրի մասնագետներ պատրաստելու համար:

«Գեոդեզիա» գիրքը լույս է տեսնում երկու մասից:

Առաջին մասում ընդգրկված են հետեւյալ գլուխները՝

1- նախնական տեղեկություններ,
2- գեոդեզիական չափումների սխալների տեսություն,
3- գծերի եւ անկյունների չափում,
4- ընդհանուր տեղեկություններ գեոդեզիական ցանցերի եւ հանույթների մասին, հորիզոնական հանույթ,
5- մակերեսների որոշում,
6- տախեոմետրային հանույթ:

Երկրորդ մասը բաղկացած է հետեւյալ գլուխներից՝

7- երկրաչափական մակարդակաչափում,
8- գծային կառույցների հետազննության եւ ծրագծման ժամանակ կատարվող գեոդեզիական աշխատանքներ,
9- մակերեւույթի մակարդակաչափում,
10- մենզուլային հանույթ,
11- գեոդեզիական աշխատանքները շինարարական եւ մոնտաժային արտադրության մեջ:

Գրքի հրատարակումը երկու մասից պայմանավորված է տեխնիկական հնարավորություններով:

Հեղինակը հուսով է, որ դասագիրքը օգտակար կլինի ոչ միայն բուհերի ու քոլեջների ուսանողների համար, այլ նաեւ արտադրությունում աշխատող մասնագետների համար, որոնք կցանկանան վերհիշել իրենց գիտելիքները գեոդեզիայի ասպարեզում եւ տեղեկություններ ստանալ նորագույն գործիքների եւ մեթոդների մասին:

Շինարարական հրապարակում աշխատող մասնագետները կարող են օգտվել գրքից կառուցվածքների նախագծերը հատակագծից իրականության մեջ տեղափոխելու, կառուցվածքների առանցքները եւ կետերը նշահարելու եւ դրանց հիմքերի եւ հիմնատակերի դեֆորմացիաները որոշելու համար:

Աշխատանքը «Գեոդեզիա» դասագրքի ձեռագրի վրա հաջողվեց արագացնել եւ ավարտել այն հանգամանքի շնորհիվ, որ ամերիկահայ մեր հայրենակիցները առաջարկեցին դառնալ դասագրքի հովանավորողները: Ես իմ եւ ապագա ընթերցողների կողմից շնորհակալություն եմ հայտնում մեր հայրենակիցներին, ինչպես նաեւ Ամերիկահայ ճարտարագետների եւ գիտնականների ընկերակցությանը:

Դասագիրքը հրատարակելու համար մեծ աջակցություն են ցուցաբերել Ճարտարապետության եւ շինարարության պետական համալսարանի ռեկտոր Ա. Գ. Բեգլարյանը, Ճարտարագիտական գեոդեզիայի ամբիոնի անդամները, ՀՀ կառավարությանն առընթեր անշարժ գույքի կադաստրի պետական կոմիտեի ղեկավարությունը եւ Էմմա Մովսիսյանը: Բոլորին հայտնում եմ իմ խորին շնորհակալությունը:

ԳԼՈՒԽ 1

ՆԱԽՆԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1.1 Ներածություն

Գեոդեզիան պատկանում է երկրի մասին գիտությունների թվին: Դրա խնդիրները բազմազան են. երկրի ձեւի եւ չափերի որոշումը, քարտեզների, հատակագծերի եւ պրոֆիլների կազմումը, այսինքն, երկրագնդի ֆիզիկական մակերեւույթի պատկերումը թղթի վրա գծագրերի ձեւով: Բացի այդ կատարվում են տարբեր գեոդեզիական չափումներ երկրի ֆիզիկական մակերեւույթի վրա ճարտարագիտական կառուցվածքներ իրագործելիս, իսկ ստորերկրյա չափումները կատարվում են լեռնային աշխատանքների, թունելների եւ մետրոյի կառուցման ժամանակ: Ջրային տարածությունների գնահատման ժամանակ չափումները կատարվում են ջրի տակ եւ, վերջապես, լուսանկարչական հանույթների դեպքում չափումները իրագործվում են եւ երկրի մակերեւույթի վրա, եւ երկրի մակերեւույթից բարձր՝ թռչող սարքերից:

Գեոդեզիական դաշտային աշխատանքների ժամանակ չափվում են տարբեր հարթությունների վրա գտնվող գծերի (հատվածների) երկարությունները, գծերով կազմված անկյունների հորիզոնական պրոյեկցիաները եւ գծերի թեքության անկյունները: Այդ նպատակների համար օգտագործվում են չափերիզներ, ժապավեններ, հեռաչափեր, մակարդակաչափեր, թեոդոլիտներ, բուսոլներ եւ այլն:

Գործիքների ուսումնասիրությունը, դրանց կիրառումը, չափման արդյունքների մշակման մեթոդների կատարելագործումը նույնպես մտնում են գեոդեզիական խնդիրների մեջ:

Գեոդեզիան հնագույն գիտություններից մեկն է: Հունարեն «գեոդեզիա» բառը թարգմանվում է որպես երկրաբաշխում: Դա նշանակում է, որ գիտությունը առաջացել է մարդկանց գործնական պահանջները բավարարելու նպատակով՝ հողակտորների չափերի, դրանց դասավորության մասին գաղափար ստանալու համար: Միեւնույն ժամանակ գեոդեզիան կարելի է համարել երիտասարդ գիտություն, որովհետեւ դա իր զարգացման ընթացքում անընդհատ կատարելագործվում է՝ հենվելով մաթեմատիկայի, ֆիզիկայի, ռադիոտեխնիկայի, քվանտային էլեկտրոնիկայի, հաշվիչ տեխնիկայի եւ այլ գիտությունների նորագույն նվաճումների վրա:

Գեոդեզիան սերտորեն կապված է երկրի մասին մյուս գիտությունների հետ՝ աշխարհագրության, գեոմորֆոլոգիայի, գեոֆիզիկայի եւ, առանձնապես, աստղագիտության հետ, որի օգնությամբ որոշվում են երկրագնդի մակերեւույթի վրա գտնվող կետերի աշխարհագրական կոորդինատները:

Վերջին տասնամյակներում գեոդեզիան մասնակցում է երկրի շուրջ արհեստական արբանյակների արձակմանը եւ դրանց միջոցով տարբեր գիտական եւ գործնական խնդիրների լուծմանը:

Այսպիսով, գեոդեզիան զարգանում է մարդկության պատմության զարգացման հետ մեկտեղ, եւ ներկա ժամանակ այդ գիտությունը լայն իմաստով ընդգրկում է մի շարք ինքնուրույն գիտատեխնիկական ճյուղեր:

1. Բարձրագույն գեոդեզիա, որի հիմնական խնդիրներն են երկրի ձեւի եւ չափերի որոշումը, ինչպես նաեւ երկրագնդի մակերեւույթի վրա բարձր ճշտության պետական գեոդեզիական ցանցերի ստեղծումը:

Երկրագնդի հնարավորին չափ ճշգրիտ ձեւը եւ դրա չափերը անհրաժեշտ են աստղագիտությանը, աշխարհագրությանը, երկրաբանությանը, հրթիռային տեխնիկայի եւ, վերջապես, հենց իրեն՝ գեոդեզիայի համար հենման կետերի ցանցերը ստեղծելիս:

Նշված խնդիրները լուծելիս անհրաժեշտություն է առաջանում ճշգրիտ գծային եւ անկյունային չափումների հետ մեկտեղ կատարել կետերի աշխարհագրական կոորդինատների եւ միջօրեականների ուղղությունների որոշումը, ծանրության ուժերի ուղղությունների որոշումը երկրագնդի տարբեր կետերում: Այս խնդիրները ուսումնասիրվում եւ լուծվում են գեոդեզիական աստղագիտության եւ ծանրաչափության առանձին ճյուղերում: Ինչ վերաբերում է արբանյակների հետ կապված խնդիրներին, ապա դրանցով զբաղվում է վերջին տասնամյակներում ստեղծված տիեզերական գեոդեզիան:

2. Քարտեզագրություն, որը զբաղվում է այն մեթոդների եւ պրոցեսների ուսումնասիրությամբ, որոնք հնարավորություն են տալիս արտահայտել հարթության (թղթի) վրա մեծ տարածություններ զբաղեցնող մակերեսներ, այսինքն, ստանալ քարտեզներ: Քարտեզների կազմումը հիմնված է զգալի քանակության գեոդեզիական տվյալների օգտագործման եւ ընդհանրացման վրա: Այդ տվյալները ստացվում են հատակագծերի տեսքով, որոնք կազմվում են անհամեմատ փոքր մակերեսներ ունեցող առանձին հողակտորների համար, եւ ավելի մանրամասնորեն են արտահայտում ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող առարկաները եւ ռելիեֆը:

3. Տոպոգրաֆիա կամ տեղագրություն, որն իրականացնում է հատակագծեր ստանալու համար անհրաժեշտ աշխատանքները: Տեղագրական աշխատանքների մեջ ընդգրկվում է պետական հենման ցանցերի խտացումը, այդ ցանցերի օգտագործումը հանույթների համար: Հանույթ է կոչվում գծային եւ անկյունային չափումների համալիրը, որն իրականացվում է տեղամասի իրադրությունը եւ ռելիեֆը (անհարթությունները) թղթի վրա արտահայտելու նպատակով:

Փոքր տարածությունների դեպքում տեղագրական հանույթները կատարվում են գեոդեզիական գործիքներով, որոնք տեղակայվում են գետնի մակերեւույթի վրա: Երբ ընդգրկվում են մեծ տարածքներ, հանույթները հիմնականում կատարվում են թռչող սարքերից լուսանկարչական եղանակներով:

4. Վերը նշված լուսանկարչական հանույթները ուսումնասիրվում են առանձին գիտությունների կողմից, որոնք կոչվում են լուսանկարչություն, օդալուսանկարահանում եւ լուսանկարաչափություն: Դրանց նպատակն է մշակել լուսանկարչության միջոցով ստացված նկարները, միացնել դրանք միմյանց, օգտագործելով նախապես ստեղծված հենման կետերի ցանցը, եւ ստանալ լուսանկարահանված տարածքների հատակագծերը: Ինչպես նշվեց վերեւում, այդպիսի հատակագծերի հիման վրա կազմում են քարտեզներ:

5. Ճարտարագիտական գեոդեզիա, որը վերջին տասնամյակների ընթացքում կազմավորվել է որպես ինքնուրույն գիտություն: Դա լայնորեն կիրառվում է ժողովրդական տնտեսության բազմաթիվ ճյուղերում. լեռնային գործում օգտակար հանածոների հետազոտման եւ հայթայթման ժամանակ, գյուղատնտեսության եւ անտառատնտեսության մեջ, հողաբարելավման եւ կադաստրային աշխատանքների ժամանակ:

Մեծ դեր է խաղում ճարտարագիտական գեոդեզիան տարբեր տիպի կառուցվածքների նախագծման, կառուցման եւ շահագործման ժամանակ. ավտոմոբիլային ճանապարհների եւ երկաթուղային գծերի, կամուրջների, թունելների, ջրանցքների, ամբարտակների, օդանավակայանների, քաղաքացիական եւ արդյունաբերական շենքերի, տարբեր տիպի բարդ եւ հատուկ նշանակություն ունեցող օբյեկտների (արագացուցիչների, ռադիոդիտակների եւ այլն):

Բոլոր ժամանակակից կառուցվածքները իրագործվում են նախապես կազմված նախագծերի համաձայն: Այդ նախագծերը կազմելիս օգտագործում են խոշոր մասշտաբների տեղագրական հատակագծեր, որոնց վրա տեղադրվում են իրականացվող օբյեկտի բոլոր կառույցները: Տեղագրական հատակագծերը ստանալու համար կատարվում են գեոդեզիական հանույթներ: Այսպիսով, գեոդեզիական աշխատանքները նախորդում են ցանկացած շինարարությանը:

Նախագծի իրականացումը սկսվում է տվյալ տեղամասում շինարարական ցանցի ստեղծումից, որի հիման վրա հատակագծում տեղադրված կառուցվածքների առանցքները եւ կետերը տեղափոխվում են իրականության մեջ: Այսպիսով, շինարարական աշխատանքները նույնպես սկսվում են գեոդեզիական աշխատանքներից:

Շենքերի կառուցման ընթացքում կատարում են վերահսկիչ չափումներ, որոնք նշահարման աշխատանքների հետ միասին նպատակ ունեն ապահովել կառուցվածքի իրագործումն ըստ նախագծի:

Բացի այդ իրագործվում է կառուցվածքների կարեւոր մասերի նստվածքների որոշումն ինչպես շինարարության ընթացքում, այնպես էլ դրա ավարտից հետո: Վերջինս արվում է կառուցվածքի երկարակեցությունը եւ կայունությունը ապահովելու նպատակով:

Այդ բոլորին անհրաժեշտ է ավելացնել այն, որ հատուկ շինարարական օբյեկտներն իրականացնելիս, ինչպիսիք են արագացուցիչները եւ ուրիշ ֆիզիկական մեքենաները, բացի վերոհիշյալ գեոդեզիական աշխատանքներից կատարվում են ճշգրիտ մոնտաժային աշխատանքներ հատուկ նորագույն, ավտոմատացված սարքերի միջոցով: Նման սարքերն օգտագործում են նաեւ կառուցվածքների

նստվածքները որոշելիս, հատկապես այն դեպքերում, երբ վտանգավոր է մարդկանց ներկայությունն աշխատանքային օբյեկտներում:

Անհրաժեշտ է նաեւ նշել, որ ժամանակակից ճարտարագիտական գեոդեզիայի մեթոդները եւ սարքերը հաջողությամբ կիրառվում են տարբեր գիտական եւ կիրառական խնդիրներ լուծելիս: Օրինակ՝ երկրի կեղեւի դեֆորմացիաները (ձեւախախտումները) որոշելիս երկրաշարժերի կանխագուշակման նպատակով:

6. Մեծ նշանակություն ունի գեոդեզիան երկրի պաշտպանության հետ կապված խնդիրների լուծման գործում:

1.2 Պատմական կարճ ակնարկ

Գեոդեզիան որպես գիտություն կազմավորվել եւ զարգացել է հազարամյակների ընթացքում: Գեոդեզիական չափումները սկզբնական շրջանում օգտագործվել են գյուղատնտեսության մեջ, հողաբաժանության եւ ոռոգման նպատակներով, շինարարության ժամանակ: Նման չափումները կատարվել են Եգիպտոսում, Չինաստանում, Հունաստանում եւ այլ երկրներում մի քանի հազար տարի առաջ: Դրա մասին են վկայում այն ժամանակ կառուցված ջրանցքները, բարձր աշտարակները, կամուրջները: Նման կառուցվածքները չէին կարող իրագործվել առանց գեոդեզիական չափումների: Իհարկե, այդ չափումները կատարվում էին պարզ գործիքներով՝ ուղղալարերով, հարթաչափերով, ջրային մակարդակաչափերով եւ այլն:

Կարմիր բլուրի պեղումներից հայտնաբերվել է սեպագիր արձանագրություն, որի վերծանումից պարզվում է, որ Ուրարտուի Սարդուր Երրորդ թագավորը կարգադրած է եղել պետության հյուսիսային սահմանահատվածի, մասնավորապես պատմական Հայաստանի հյուսիս-արեւելյան տարածքի վրա սահմանագծումներ կատարել, եւ այդ նպատակի համար համապատասխան մեծության ու ձեւի քարեր են հղկվել ու ամրացվել յուրաքանչյուր սահմանաբաժնի եզրերում: Այսպիսով, դեռեւս 2600 տարի առաջ գեոդեզիական չափումներ են կատարվել՝ Հայաստանի արդիական տարածքի վրա հողատարածությունների սահմանները նշելիս:

Մեր թվագրությունից երկու դար առաջ հունական գիտնական Հիպարհը ստեղծեց աստրոլաբ կոչվող անկյունաչափական գործիքը: Ինչ վերաբերում է գեոդեզիա բառին, ապա դա առաջին անգամ հանդիպում է Արիստոտելի աշխատություններում (334-322 թ.թ. մ.թ.ա.):

230 տարի մեր թվագրությունից առաջ հույն գիտնական Էրատոսթենեսը որոշեց երկրագնդի շառավիղը եւ ապացուցեց Արիստոտելի եւ այլ գիտնականների ենթադրությունը մեր մոլորակի գնդաձեւ լինելու մասին: Երկրագնդի շառավիղը Էրատոսթենեսի չափումներով ստացվում է 6374,8 կմ, որը պետք է այն ժամանակվա համար բավարար ճշտություն համարել:

Պատմությանը հայտնի չեն ստույգ տվյալներ գեոդեզիայի զարգացման մասին մեր թվագրության առաջին հազարամյակի ընթացքում: Հայտնի է, որ գեոդեզիական չափումները սկսեցին զարգանալ, երբ անհրաժեշտություն առաջացավ քարտեզներ կազմել, երբ սկսեց զարգանալ առեւտուրը եւ նավագնացությունը:

Գեոդեզիական աշխատանքների կատարելագործմանը նպաստում էին ֆիզիկայի, մեխանիկայի, մաթեմատիկայի եւ այլ գիտությունների բնագավառում ստացված նվաճումները: Նշենք, օրինակ, այն հանգամանքը, որ Գալիլեի կողմից 1609 թ. ստեղծված դիտակը հնարավորություն տվեց էականորեն բարձրացնել գեոդեզիական չափումների ճշտությունը: Հոլանդական գիտնական Սնելիուսը 17-րդ դարի սկզբում առաջարկեց մեծ տարածությունների վրա գեոդեզիական չափումներն իրագործել եռանկյունավորման (տրիանգուլացիոն) եղանակով: Նյուտոնի կողմից հայտնաբերված ձգողական ուժի օրենքը հանգեցրեց նրան (1687 թ.) այն մտքին, որ երկրագունդը, լինելով գնդաձեւ, տարբերվում է գնդից, որովհետեւ դա իր առանցքի շուրջ պտտման ընթացքում սեղմվում է բեւեռներում եւ մոտենում է էլիպսոիդին: Եռանկյունավորման մեթոդով կատարված գեոդեզիական չափումները հաստատեցին հանճարեղ Նյուտոնի կանխագուշակումը:

19-րդ դարի սկզբից ընդհուպ մինչեւ Հոկտեմբերյան հեղափոխությունը Ռուսաստանում գեոդեզիական, քարտեզագրական եւ տեղագրական աշխատանքները հիմնականում կատարվում էին ռազմական գերատեսչության կողմից: Այդ աշխատանքները սկզբում կատարվում էին Ռուսաստանի արեւմտյան շրջաններում, իսկ հետագայում ընդգրկեցին Կովկասի որոշ մասերը:

Հեղափոխությունից հետո ստեղծվեց Գեոդեզիայի եւ քարտեզագրության գլխավոր վարչություն: Այն միավորում էր աստղագիտագեոդեզիական, տեղագրական ու քարտեզագրական աշխատանքներն ամբողջ նախկին Միության տարածքի վրա: Գլխավոր վարչությունը ներկայացված էր նաեւ Հայաստանում: ՍՍՀՄ-ի ընդարձակ տարածքի վրա հսկայական գեոդեզիական աշխատանքների իրագործման նպատակով ստեղծվեց գեոդեզիական ԲՈՒՀ-երի եւ տեխնիկումների ցանց: Հայաստանում կազմակերպվեց հողաշինարարական տեխնիկում, տարբեր հիմնարկներում կազմակերպվեցին գեոդեզիական բաժիններ, ստեղծվեց գեոդեզիական եւ հետազննման պետական հիմնարկություն, որը գտնվում էր Գեոդեզիայի եւ քարտեզագրության գլխավոր վարչության կազմում եւ միակն էր Անդրկովկասում: Այժմ այդ հիմնարկությունը կոչվում է Գեոդեզիայի եւ քարտեզագրության ինստիտուտ եւ մտնում է ՀՀ կառավարությանն առընթեր անշարժ գույքի կադաստրի պետական կոմիտեի կազմի մեջ:

Քառասնական թվականներին լայն թափով սկսեց զարգանալ օդալուսանկարահանությունը, որն ապահովեց քարտեզագրման զարգացման ավելի լայն տեմպեր: Ստեղծվեց Սովետական Միության, այդ թվում եւ Հայաստանի, 1:1000000 մասշտաբի քարտեզը, որը ծառայում է որպես հիմք ավելի մանր մասշտաբների քարտեզներ ստեղծելու համար: Հետագայում Հայաստանի տարածքի համար ստեղծվեցին ավելի խոշոր մասշտաբների (1:25000 եւ ավելի խոշոր) տեղագրական քարտեզներ:

Հայաստանում գեոդեզիայի մասնագետների կոլեկտիվը հաջողությամբ մասնակցեց եւ շարունակում է մասնակցել բազմաթիվ խոշոր օբյեկտների կառուցման աշխատանքներին:

Գեոդեզիական գիտահետազոտական եւ կոնստրուկտորական աշխատանքները 1963 թվականից սկսած կատարվել են Երեւանի պոլիտեխնիկական ինստիտուտում, որտեղ 1970 թվականին առաջին անգամ Միությունում ստեղծվեց ճշգրիտ գեոդեզիական չափումների ավտոմատացման պրոբլեմային լաբորատորիան: Լաբորատորիայի եւ ինստիտուտի ճարտարագիտական գեոդեզիայի ամբիոնի մասնագետները, հեղինակի ղեկավարությամբ, ստեղծեցին նոր սարքեր, որոնք արտադրվել են նախկին Միության տարբեր կազմակերպությունների պատվերներով: Լաբորատորիայում մշակվել է մակարդակաչափման նոր մեթոդ, որը ստացել է «հիդրոդինամիկ մակարդակաչափում» անվանումը: Առաջին անգամ նախկին Միությունում իրագործվել է գերճշգրիտ ДВСД լուսահեռաչափը:

1990 թվականից գիտահետազոտական աշխատանքները շարունակվում են Երեւանի ճարտարապետության եւ շինարարության պետական համալսարանում, որտեղ 1997 թվականից սկսվել է ճարտարագիտական գեոդեզիայի եւ կադաստրի մասնագետների պատրաստումը:

1.3 Երկրի ձեւը եւ չափերը

Ինչպես արդեն նշվել էր, տարբեր գիտական եւ կիրառական խնդիրներ լուծելիս անհրաժեշտ է իմանալ երկրի ձեւը եւ չափերը:

Երկրի ֆիզիկական մակերեւույթը 510 միլիոն քառակուսի կիլոմետր է: Դրա մեծ մասը՝ 71%-ը, կազմում է օվկիանոսների եւ ծովերի հատակը, իսկ 29%-ը՝ մայր ցամաքը եւ կղզիները:

Օվկիանոսների մակերեւույթը հանդարտ վիճակում իրենից ներկայացնում է միապաղաղ կորություն ունեցող մակերեւույթ, որը, համաձայն կաթիլային հեղուկի հատկությանը, իր ամեն մի կետում ուղղահայաց է ծանրության ուժի ուղղությանը: Այդ հատկությունն ունեցող մակերեւույթները անվանում են մակարդակային մակերեւույթներ կամ հորիզոնական մակերեւույթներ:

Ինչ վերաբերում է ֆիզիկական մակերեւույթին, ապա դա չափազանց բազմատեսակ է: Դա բաղկացած է լեռներից, ձորերից, հարթավայրերից եւ այլն: Նույնը կարելի է ասել նաեւ օվկիանոսների եւ ծովերի հատակների մասին:

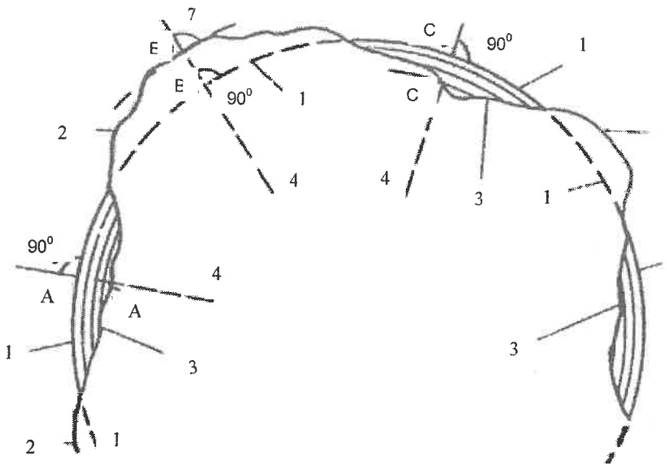
Հարց է առաջանում՝ իսկ ի՞նչ պետք է հասկանալ Երկրի ձեւը անվան տակ:

Այն պատճառով, որ երկրագնդի մակերեւույթի մեծ մասը պատած է ջրով, իսկ ֆիզիկական մակերեւույթի անհարթությունները երկրագնդի շառավղի(6371 կմ) համեմատ չնչին են (ամենաբարձր լեռան բարձրությունը ծովի մակարդակից մոտավորապես 9 կմ է, իսկ օվկիանոսների ամենախոր կետերի խորությունը 11կմ է), ընդունված է Երկրի ընդհանուր ձեւ համարել օվկիանոսների եւ դրանց հետ հաղորդվող ծովերի միջին մակարդակային մակերեւույթով պարփակված մարմինը: Ենթադրվում է, որ այդ մակերեւույթը շարունակված է մայր ցամաքի եւ կղզիների տակ այնպես, որ յուրաքանչյուր կետում պահպանվի մակարդակային մակերեւույթի հատկությունը: Ստացված ձեւն անվանում են

Գեոիդ (Երկիր): Գեոիդի մակերեւույթը մայր ցամաքի տակ կհամընկնի այն ջրանցքների ջրի մակարդակի հետ, որոնք կմիացնեն միմյանց օվկիանոսները եւ ծովերը: Ինչպես բխում է բնորոշումից, Գեոիդի մակերեւույթն ամեն մի կետում (A, B, C) ուղղահայաց է ծանրության ուժի ուղղությանը՝ AA′, BB′, CC′: Այդ ուղղություններն անվանում են նաեւ ուղղաձիգ գծեր(նկ.1.1):

Ուղղաձիգ գիծը (ուղղալարի ուղղությունը) ֆիզիկական մակերեւույթի յուրաքանչյուր կետում կատարում է հիմնական կոորդինատային առանցքի դեր: Գեոդեզիական գործիքների առանցքները տեղակայվում են ուղղաձիգ վիճակում, դրանց հիմնական հարթությունները տեղակայվում են ուղղաձիգ գծին զուգահեռ կամ ուղղահայաց վիճակում, այսինքն, ուղղաձիգ կամ հորիզոնական հարթություններում:

Անհրաժեշտ է նշել, որ Գեոիդի մակարդակային մակերեւույթից բացի կարելի է պատկերացնել բազմաթիվ ուրիշ մակերեւույթներ, որոնք նույնպես լինեն մակարդակային (ունենան դրա հատկությունները), օրինակ, Սեւանա լճի մակերեւույթը: Սակայն դրանք չեն լինի Գեոիդի մակերեւույթ եւ կդասավորվեն Գեոիդից բարձր կամ ցածր: Գեոիդի մակերեւույթը համարվում է ելակետային մակերեվույթ, որի նկատմամբ որոշվում են մնացած բոլոր մակերեւույթների բարձրությունները (H), այսինքն, դրանց հեռավորությունը Գեոիդի մակերեւույթից) ուղղաձիգ գծով հաշված: Եթե կետը գտնվում է Գեոիդի մակերեւույթից բարձր, օրինակ, B′ կետը, $H_{B'}$-ը համարվում է դրական, իսկ եթե ցածր՝ բացասական (A′ եւ C′ կետերը, (նկ.1.1)):



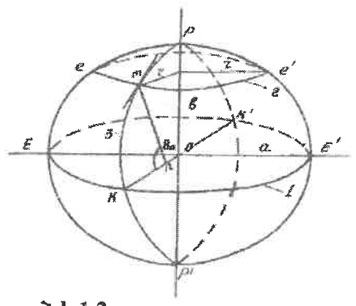
1 - գեոիդի մակերեւույթը
2 - գեոիդից բարձր գտնվող ֆիզիկական մակերեւույթը
3 - օվկիանոսների տակ գտնվող ֆիզիկական մակերեւույթը
4 - ուղղաձիգ գծերի ուղղությունները

Նկ.1.1

Ինչպիսի՞ օրինաչափությամբ կարելի է արտահայտել Գեոիդի ձեւը: Եթե երկրագունդը լիներ հեղուկ համասեռ վիճակում եւ գտնվեր միայն ձգողական ուժերի ազդեցության տակ (լիներ անշարժ), ապա դա կունենար գնդի ձեւ: Այդպիսի գունդը որոշակի առանցքի շուրջը հաստատուն արագությամբ պտտվելու շնորհիվ կընդուներ պտտման էլիպսոիդի ձեւ՝ այն ձեւը, որը կստացվի, եթե էլիպսը պտտվի փոքր PP′ առանցքի շուրջը (նկ.1.2): Այդպիսի էլիպսոիդի մակերեւույթը կունենար մակարդակային մակերեւույթի հատկություն: Սակայն այդպես կլիներ, եթե երկրագունդն իրենից ներկայացներ բոլոր

կետերում միեւնույն խտություն ունեցող մարմին, կամ բաղկացած լիներ միեւնույն խտություն ունեցող շերտերից: Վերջին դեպքում դրան կարելի էր անվանել նաեւ սֆերոիդ:

1 - հասարական
2 - զուգահեռական
3 - միջօրեական
P - հյուսիսային բեւեռ
P′- հարավային բեւեռ



Նկ.1.2

Իրականում երկրագնդի արտաքին շերտը՝ միջին հաշվով 40կմ հաստությամբ, ունի բարդ կառուցվածք. դա անհամասեռ է, եւ հայտնի չէ դրա խտության բաշխման օրինաչափությունը: Նշված պատճառով Գեոիդի մակարդակային մակերեւույթը շեղված կլինի էլիպսոիդի տեսական մակերեւույթից: Սակայն այդ շեղումները մեծ չեն, եւ պտտման էլիպսոիդը համարվում է վերլուծականորեն արտահայտվող ձեւը, որն ամենից մոտ է Գեոիդին:

Գծագրի վրա (նկ.1.2) պատկերված է պտտման էլիպսոիդը, որը ստացվել է EPE′P′ էլիպսի իր PP′ փոքր առանցքի շուրջը պտտելու շնորհիվ:

Էլիպսոիդի չափերը որոշվում են հետեւյալ մեծություններով՝

a = OE′ = OK՝ էլիպսոիդի մեծ կիսառանցքով,

b = OP = OP′՝ դրա փոքր կիսառանցքով,

$\alpha = \frac{a-b}{a}$ էլիպսոիդի սեղմումով:

Էլիպսոիդի փոքր առանցքը, հատվելով դրա մակերեւույթի հետ, առաջացնում է P հյուսիսային եւ P′ հարավային բեւեռները: Պտտման առանցքին ուղղահայաց հարթությունները, հատվելով էլիպսոիդի մակերեւույթի հետ, առաջացնում են շրջանագծեր: Այն հարթությունը, որն անցնում է էլիպսոիդի O կենտրոնով եւ ուղղահայաց է պտտման PP′ առանցքին, կոչվում է հասարակածային հարթություն:

Դրա հատման գիծը էլիպսոիդի մակերեւույթի հետ կոչվում է հասարակած՝ EKE′K′: Հասարակածային հարթությանը զուգահեռ հարթությունները կոչվում են զուգահեռականների հարթություններ: Հատվելով էլիպսոիդի մակերեւույթի հետ՝ դրանք առաջացնում են զուգահեռականների շրջանագծերը՝ eme′: Դրանց r շառավիղները փոքր են հասարակածի a շառավղից: Հասարակածային հարթությունը բաժանում է էլիպսոիդը հյուսիսային եւ հարավային մասերի:

Այն հարթությունները, որոնք անցնում են էլիպսոիդի PP′ առանցքով, կոչվում են միջօրեականների հարթություններ, իսկ դրանց հատման գծերը՝ PEP′E′, PKP′K′, էլիպսոիդի մակերեւույթի հետ կոչվում են գեոդեզիական միջօրեականներ: Պարզ է, որ միջօրեականների հարթություններն ուղղահայաց են հասարակածի հարթությանը, իսկ գեոդեզիական միջօրեականները՝ էլիպսներ են:

Եթե էլիպսոիդի մակերեւույթի վրա գտնվող որեւէ կետով (m) տանենք շոշափող հարթություն, ապա mn ուղղությունը, որն ուղղահայաց է շոշափող հարթությանը, կոչվում է նորմալի ուղղություն:

Բազմաթիվ էլիպսոիդների մակերեւույթներից այն մակերեւույթը, որն ամենից մոտ է Գեոիդի մակերեւույթին, անվանում են ընդհանուր երկրային էլիպսոիդ: Դա պետք է բավարարի հետեւյալ պայմաններին.

1. էլիպսոիդի կենտրոնը պետք է համընկնի Երկրի ծանրության կենտրոնի հետ,
2. դրա հասարակածային հարթությունը պետք է համընկնի Երկրային հասարակածի հետ,
3. էլիպսոիդի ծավալը պետք է հավասար լինի Գեոիդի ծավալին,

4. էլիպսոիդի վրա գտնվող կետերը պետք է, ըստ բարձրության, նվազագույն չափով շեղվեն Գեոիդի մակերեւույթից:

Երկրի ֆիզիկական մակերեւույթը չափազանց բարդ է, եւ այդպիսի մակերեւույթի վրա գեոդեզիական չափումների մաթեմատիկական մշակումը դժվար կլիներ: Այդ պատճառով գեոդեզիական ցանցերը նախապես պրոյեկտում են էլիպսոիդի մակերեւույթի վրա, կատարում են մաթեմատիկական մշակումը, որը դժվարություն չի ներկայացնում, եւ ստանում են կետերի կոօրդինատները որոշակի համակարգում: Հետագայում գեոդեզիական հանույթների տվյալների մշակումը ավելի հեշտացնելու համար կատարում են կետերի տեղափոխումն էլիպսոիդի մակերեւույթից հարթության վրա՝ օգտագործելով որոշակի քարտեզագրական պրոյեկցիաներ:

Ակնհայտ է, որ ինչքան մոտ լինի ընդունված էլիպսոիդի մակերեւույթն իրականությանը (Գեոիդին), այնքան հուսալի կլինեն մաթեմատիկական հաշվարկների արդյունքները:

Նշված առումով Երկրային էլիպսոիդի մակերեւույթը կարող է հարմար չլինի տվյալ պետությանը կամ մի խումբ պետությունների համար որպես պրոյեկտման համար ծառայող հիմնական մակարդակային մակերեւույթ: Անհրաժեշտ է, որպեսզի էլիպսոիդի մակերեւույթը որքան հնարավոր է մոտ լինի Գեոիդի մակերեւույթին տվյալ տարածքի սահմաններում: Այդ պայմաններին ընդհանուր Երկրային էլիպսոիդը կարող է չբավարարի: Այստեղից առաջացել է համեմատման կամ ռեֆերենց էլիպսոիդի հասկացողությունը: Դրա պարամետրերը (հարթաչափերը) ընտրվում են այնպես, որ տվյալ տարածքի համար համեմատման էլիպսոիդի մակերեւույթն ավելի մոտ լինի Գեոիդի մակերեւույթին, քան թե երկրային էլիպսոիդի մակերեւույթն է: Տարբեր երկրներում ընդունված են տարբեր համեմատման էլիպսոիդներ:

Նախկին Միությունում համեմատման էլիպսոիդի հարաչափերը՝ a, b, α-ն, հաշվարկվել են 1940 թվականին ականավոր գեոդեզիստներ Կրասովսկու եւ Իզոտովի կողմից, իսկ 1946 թվականին ընդունվել են քարտեզագրական աշխատանքներ կատարելու համար նախկին Միության ամբողջ տարածքում: Էլիպսոիդը ստացել է Կրասովսկու անունը:

Կրասովսկու էլիպսոիդի հարաչափերն են .

a=6378245 մ, b=6356863 մ, α=1/298,3:

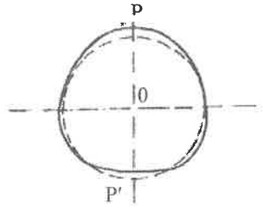
Վերջին տասնամյակների ընթացքում տիեզերական գեոդեզիայի զարգացման շնորհիվ հնարավորություն է ստացվել նոր ճանապարհով գտնել Կրասովսկու էլիպսոիդի սեղմումը՝ α-ն, եւ էլիպսոիդի մեծ կիսառանցքը՝ a-ն: Արդյունքում ստացվել է՝ a=6378136 մ, α=1/298,258:

Ուղղաչիգ գծերի շեղումները

Բավական մանրազնին ուսումնասիրությունների շնորհիվ, որոնք կատարվել են թե՛ գեոդեզիական եղանակներով, եւ թե՛ արբանյակային չափումների միջոցով, հաջողվել է պարզել, որ Գեոիդն ունի հետեւյալ շեղումներն էլիպսոիդից՝ հարավային բեւեռը P′ ավելի մոտ է կենտրոնին O, քան հյուսիսայինը՝ P-ն (նկ.1.3):

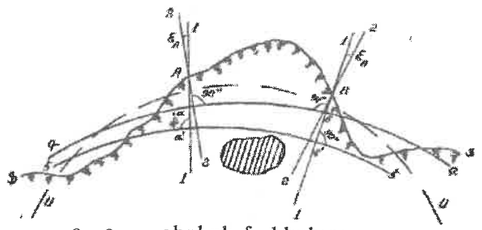
Բացի դրանից, հարավային բեւեռն էլիպսոիդի մակերեւույթից ցածր է մոտ 26 մետրով, իսկ հյուսիսայինը՝ բարձր է 19 մետրով: Հայտնաբերված է նաեւ, որ երկրի հասարակածը ներկայացնում է իրենից ոչ թե շրջանագիծ, այլ էլիպս, որի առանցքները (տրամագծերը) տարբերվում են 200 մետրով:

գեոիդ (հոծ գիծ)
երկրային էլիպսոիդ (կետ գիծ)



Նկ.1.3

Նկարագրվածը հաստատում է նաեւ այն, որ Գեոիդի եւ էլիպսոիդի մակերեւույթները ոչ միայն չեն համընկնում միմյանց, այլ նաեւ զուգահեռ չեն: Ուղղածիգ ուղղություններ տարբեր կետերում չեն համընկնում այդ կետերում էլիպսոիդին ուղղված ուղղությունների հետ: Տեղի է ունենում այդ ուղղությունների միջեւ շեղում, որը գնահատվում է շեղման ε անկյունով: Դրա մեծությունը կարող է հասնել 3″- 4″, իսկ լեռնային պայմաններում՝ մինչեւ 40″: Գծագրի վրա (նկ.1.4) ցույց են տրված ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող A եւ B կետերում շեղման ε_A եւ ε_B անկյունները: Գծագրից երեւում է, որ ուղղածիգ գծերը շեղվել են, որովհետեւ երկրի կեղեւի մեջ տվյալ տարածքում տեղի ունի զանգվածների զգալի անհամասեռություն:



գ - գ գեոիդի մակերեւույթ
է - է էլիպսոիդի մակերեւույթ
u – u գնդի (սֆերայի) մակերեւույթ
ֆ - ֆ ֆիզիկական մակերեւույթ

Նկ.1.4

Գեոիդի մակերեւույթի ձեւն ուսումնասիրվում եւ ճշտվում է aa′, bb′ եւ այլ մեծությունների չափման ճանապարհով, որոնք կարող են հասնել մինչեւ 150-200 մետրի: Երկրի ճգողական դաշտը տարբեր կետերում եւ ծանրության ուժի շեղումներն ուսումնասիրվում են ծանրաչափություն (գրավիմետրիա) գիտության կողմից:

Ճարտարագիտական գեոդեզիական աշխատանքներում կարելի է համարել, որ համեմատման (ռեֆերենց) էլիպսոիդի եւ Գեոիդի մակերեւույթները համընկնում են միմյանց: Ավելին, քանի որ էլիպսոիդի սեղմումը մեծ չէ, կարելի է որոշակի դեպքերում էլիպսոիդը փոխարինել գնդի մակերեւույթով: Այդպիսի գնդի ծավալը պետք է հավասար լինի էլիպսոիդի ծավալին, եւ դրա շառավիղը՝ R-ը, կորոշվի հետեւյալ հավասարումներով՝

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi a^2 b \text{ եւ} \qquad R = \sqrt[3]{a^2 b} = 6371 \text{ կմ:}$$

Էլիպսոիդը կարելի է փոխարինել գնդով, երբ ուսումնասիրվող տարածքը սահմանափակված է 100 կիլոմետրից ոչ ավել երկարություն ունեցող կողմերով: Ինչպես կապացուցվի քիչ հետո, էլիպսոիդի մակերեւույթը կարելի է համարել հարթություն բոլոր այն դեպքերում, երբ հանույթվող տարածքի չափերը չեն գերազանցվում 10 կիլոմետր շառավիղ ունեցող շրջանի մակերեսը:

1.4 Աշխարհագրական կոորդինատների համակարգը

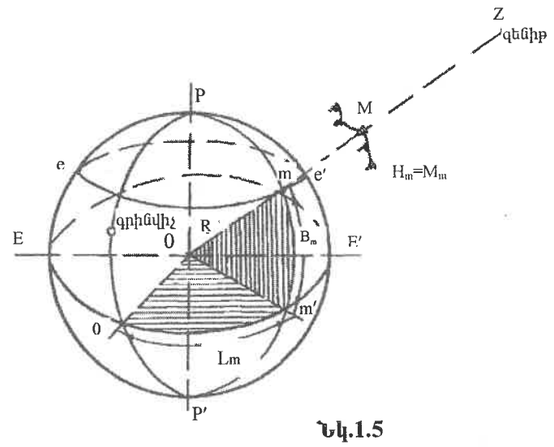
Էլիպսոիդի կամ գնդի մակերեւույթի վրա գտնվող կետերի դիրքը նկարագրելու համար օգտվում են աշխարհագրական կոորդինատների համակարգից: Այդ համակարգում միջազգային մասշտաբով, որպես սկզբնական, զրոյական հարթություններ ընդունված են հասարակածային հարթությունը եւ դրան ուղղահայաց այն միջօրեականի հարթությունը, որն անցնում է Լոնդոնի արեւելյան շրջանում գտնվող Գրինվիչի աստղադիտարանի գմբեթի կենտրոնով:

Երկրագնդի մակարդակային մակերեւույթի վրա գտնվող ցանկացած կետի աշխարհագրական կոորդինատները՝ դրա աշխարհագրական լայնությունն է, որը նշանակում են B կամ φ տառերով եւ աշխարհագրական երկայնությունը, որը նշանակում են L կամ λ տառերով:

Կախված որոշման եղանակից տարբերում են գեոդեզիական (B, L) եւ աստղագիտական (φ, λ) աշխարհագրական կոորդինատներ:

Գեոդեզիական կոորդինատներ

m կետի գեոդեզիական լայնություն է կոչվում այն B_m անկյունը, որը կազմում է m կետում էլիպսոիդին տարված նորմալը (շոշափողին ուղղահայաց գիծը) հասարակածի հարթության հետ (նկ.1.2): Եթե էլիպսոիդը փոխարինենք գնդով, ապա նորմալը m կետում կհամընկնի այդ կետով անցնող գնդի շառավղի հետ (նկ.1.5):



Նկ.1.5

Հյուսիսային կիսագնդում գտնվող կետերի լայնությունները համարվում են դրական, իսկ հարավային կիսագնդում՝ բացասական: Դրանք փոփոխվում են հասարակածից դեպի հյուսիս, կամ դեպի հարավ, 0°-ից մինչեւ 90° սահմաններում: Այսպիսով, կետերի լայնությունները թվային արժեքներով արտահայտելիս անհրաժեշտ է նշել նաեւ այն կիսագունդը, որտեղ գտնվում է կետը:

m կետի գեոդեզիական երկայնություն է կոչվում այն երկնիստ L_m անկյունը, որը կազմվում է m կետով տարած գեոդեզիական միջօրեականի հարթությունը զրոյական գեոդեզիական միջօրեականի հարթության հետ: Գեոդեզիական միջօրեականի հարթությունը անցնում է տվյալ կետի նորմալով եւ էլիպսոիդի (կամ գնդի) պտտման առանցքով:

Գրինվիչի միջօրեականի հարթությունը բաժանում է երկրագունդը արեւելյան եւ արեւմտյան մասերի: Այն կետերը, որոնք գտնվում են Գրինվիչից դեպի արեւելք (0^0-180^0), ունեն արեւելյան երկայնություն, իսկ դեպի արեւմուտք գտնվող կետերի երկայնությունները կլինեն արեւմտյան (0^0-180^0):

Կետի լայնությունը եւ երկայնությունը որոշում են կետի դիրքը էլիպսոիդի (կամ գնդի) մակերեւույթի վրա: Եթե m կետը ներկայացնում է ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող M կետի պրոյեկցիան, ապա այդ M կետի դիրքը նկարագրելու համար անհրաժեշտ է դրա m պրոյեկցիայի աշխարհագրական կոորդինատներից բացի որոշել նաեւ Mm ուղղածիգ հեռավորությունը, այսինքն, M կետի բացարձակ բարձրությունը՝ H_M (նկ.1.5): Այսպիսով, եթե կետը գտնվում է երկրագնդի ֆիզիկական մակերեւույթի վրա, դրա դիրքը որոշվում է երեք կոորդինատներով. լայնությունով, երկայնությունով եւ բացարձակ բարձրությունով:

Գնդի վրա գտնվող m կետի գեոդեզիական լայնությունը՝ B_m°, եւ երկայնությունը՝ L_m°, կարելի է որոշել հետեւյալ կերպ: Անհրաժեշտ է m կետով եւ PP' բեւեռներով տանել միջօրեականի շրջանագիծը, դրա վրա գտնվող mm' աղեղին համապատասխանող կենտրոնական անկյունը կլինի լայնությունը: Հասարակածի վրա գտնվող om' աղեղին համապատասխանող կենտրոնական անկյունը կլինի երկայնությունը:

Աստղագիտական կոորդինատներ

Եթե լայնությունը բնորոշող անկյունը կազմված է m կետով անցնող ուղղաձիգ գծի (ծանրության ուժի ուղղության) եւ հասարակածային հարթության հետ, ապա դա կոչվում է աստղագիտական լայնություն եւ նշանակվում է φ տառով:

Աստղագիտական երկայնություն է կոչվում այն երկնիստ անկյունը, որը կազմված է զրոյական աստղագիտական միջօրեականի եւ տվյալ m կետով անցնող աստղագիտական միջօրեականի հարթություններով, դա նշանակվում է λ տառով:

Աստղագիտական միջօրեականի հարթությունը անցնում է տվյալ կետում տարած ուղղաձիգ գծով եւ զուգահեռ է երկրագնդի պտտման առանցքին:

Այսպիսով, միեւնույն կետի (օրինակ, m կետի) գեոդեզիական եւ աստղագիտական կոորդինատները կարող է պատահի, որ չհամընկնեն միմյանց, եւ դա կլինի այն դեպքում, երբ տվյալ կետում տարած ծանրության ուժի ուղղությունը չի համընկնում այդ կետում էլիպսոիդին տարած նորմալի հետ (նկ.1.4): Նշված կոորդինատների տարբերությունները կարող են հասնել 3″-4″: Քանի որ ամեն մի վայրկյանը դա, միջին հաշվով, 31 մետր երկարություն ունեցող աղեղ է մակարդակային մակերեւույթի վրա, ուստի գեոդեզիական եւ աստղագիտական կոորդինատները կարող են տարբերվել միմյանցից 100 եւ ավելի մետրով: Աստղագիտական եւ գեոդեզիական համակարգերը միասին անվանում են աշխարհագրական կոորդինատների համակարգ: Քարտեզներ ստեղծելիս օգտվում են տարբեր տեսակի քարտեզագրական պրոյեկցիաներից, ըստ որում նախապես որոշակի մաթեմատիկական օրենքներով թղթի վրա կառուցում են միջօրեականների եւ զուգահեռականների ցանց: Օգտվելով այդ ցանցից՝ կարելի է գտնել քարտեզի վրա կետի դիրքը, եթե հայտնի են դրա աշխարհագրական կոորդինատները:

Ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող ցանկացած կետի աստղագիտական կոորդինատները կարելի է որոշել կիրառական աստղագիտության մեջ ուսումնասիրվող մեթոդներով: Աստղագիտական լայնությունը՝ φ-ն, որոշվում է աստղերի դիտման միջոցով (Բեւեռային աստղի եւ այլն): Իսկ երկայնությունը՝ λ-ն, որոշելու համար քրոնոմետրի (ժամանակաչափի) օգնությամբ սեւեռվում են այն երկու պահերը, երբ աստղը հատում է զրոյական միջօրեականի եւ տվյալ կետով անցնող միջօրեականի հարթությունները:

Կետերի բացարձակ բարձրությունները՝ H-ը, որոշում են գեոդեզիական մեթոդներով:

Աշխարհագրական կոորդինատային համակարգի գլխավոր առավելությունը այնն է, որ դա ընդհանուր է երկրագնդի ամբողջ տարածքում, հետեւաբար, դա միջազգային է: Բավական է ունենալ կետի φ եւ λ կոորդինատների արժեքները, որպեսզի հայտնի լինի դրա դիրքը երկրի մակարդակային մակերեւույթի պատկերի, այսինքն, քարտեզի կամ գլոբուսի վրա: Սակայն ճարտարագիտական աշխատանքներում այս համակարգը սահմանափակ կիրառություն ունի հետեւյալ պատճառներով.

ա) φ եւ λ անկյունների որոշումը աստղագիտական դիտումների օգնությամբ կապված են բարդությունների հետ,

բ) φ եւ λ անկյունային մեծությունների միավորին համապատասխանող գծային արժեքները էլիպսոիդի տարբեր մասերում տարբեր են: Բացի այդ, φ անկյան որոշման մեջ թույլ տրված 1″-ի սխալը մակարդակային մակերեւույթի վրա համապատասխանում է 31մ միջին գծային սխալին, որը ճարտարագիտական աշխատանքներում անթույլատրելի է:

Նկատի ունենալով վերոհիշյալ հանգամանքները՝ ճարտարագիտական աշխատանքներում օգտագործում են ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգը (§ 1.12.5):

Ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող կետերի երեք կոորդինատները կարելի է որոշել նաեւ ժամանակակից արբանյակային դիրքորոշման համակարգերի օգնությամբ:

1.5 Կետերի բացարձակ եւ հարաբերական բարձրությունները

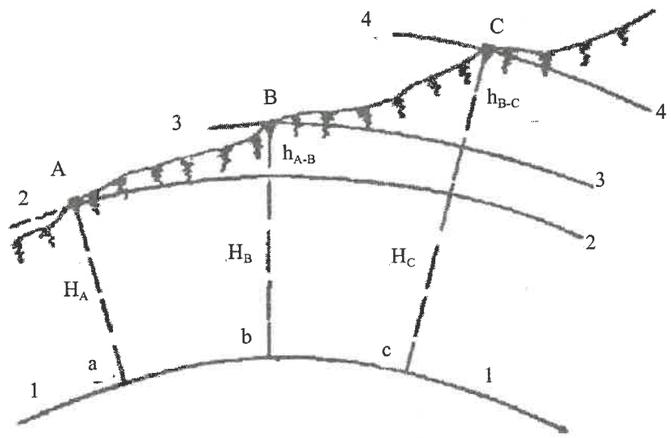
Երկրագնդի ֆիզիկական մակերեւույթի անհարթությունները բնորոշվում են կետերի բարձրություններով: Ինչպես նշվել էր, ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող կետի բացարձակ բարձրություն է կոչվում դրա հեռավորությունը զրոյական մակարդակային մակերեւույթից:

Աստղագիտական համակարգում որպես զրոյական ընդունված է Գեոիդի մակարդակային մակերեւույթը, եւ այդ դեպքում կետի բացարձակ բարձրությունը որոշվում է ուղղաձիգ գծի ուղղությամբ եւ կոչվում է օրթոմետրական: Գեոդեզիական համակարգում որպես զրոյական ընդունված է համեմատման էլիպսոիդի մակերեւույթը: Կետի հեռավորությունը նորմալի ուղղությամբ էլիպսոիդի մակերեւույթից անվանում են գեոդեզիական բարձրություն: Ճարտարագիտական գեոդեզիայում այդ երկու համակարգերը միմյանցից չեն տարբերվում, եւ կետերի բացարձակ բարձրությունները (Բալթիական համակարգում) որոշում են Բալթիկ ծովի մակարդակի նկատմամբ (նկ.1.6): Այդ մակարդակը որոշվել է երկարամյա դիտումներից: Դրանք կատարվել են Բալթիկ ծով թափվող Նեւա գետի կամրջի պատին ամրացված ջրաչափական պղնձյա ծողաքանոնի միջոցով, որի զրոն համապատասխանում է Բալթիկ ծովի միջին մակարդակին: Այդ զրոյից սկսվում է նախկին Միության ամբողջ բարձունքային ցանցը, որը ստեղծվել է գերճշգրիտ երկրաչափական մակարդակաչափման միջոցով:

Գործնականում կարող են լինել դեպքեր, երբ որպես զրոյական մակարդակային մակերեւույթ ընդունվի ոչ թե Բալթիկ ծովի մակերեւույթը, այլ ուրիշ մի մակարդակային մակերեւույթ, օրինակ, Սեւանա լճի մակերեւույթը: Այդ դեպքում կետերի բարձրությունները կկոչվեն պայմանական բարձրություններ:

Հարաբերական բարձրություններ կամ վերազանցումներ

Հարաբերական բարձրություն կամ վերազանցում է կոչվում կետերի բարձրությունների տարբերությունը: Օրինակ՝ B կետի վերազանցումը A կետի նկատմամբ (նկ.1.6), որը նշանակվում է $h_{A\text{-}B}$, հավասար է $h_{A\text{-}B}= H_B- H_A$, իսկ A կետի վերազանցումը B կետի նկատմամբ՝ $h_{B\text{-}A}= H_A- H_B$:



1-1 Բալթիկ ծովի մակարդակային մակերեւույթը
2-2 A կետի մակարդակային մակերեւույթը
3-3 B կետի մակարդակային մակերեւույթը
4-4 C կետի մակարդակային մակերեւույթը
$H_A=Aa$, $H_B=Bb$, $H_C=Cc$, $h_{A\text{-}B}=H_B-H_A$, $h_{B\text{-}C}=H_c-H_B$

Նկ. 1.6

Վերազանցումը համարվում է դրական, եթե հաջորդ կետը նախորդի նկատմամբ ավելի բարձր է, եւ բացասական, եթե հաջորդ կետը ցածր է նախորդից:

Եթե կետի բացարձակ (կամ պայմանական) բարձրությունը արտահայտված է թվով, օրինակ, H=910.056 մետր, ապա այդ թիվը անվանում են կետի նիշ:

Երկրի ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող կետերի բացարձակ նիշերը մայր ցամաքի վրա մեծ մասամբ ունեն դրական նշան, այսինքն, դրանք բարձր են Գեոիդի մակարդակային մակերեւույթից: Միայն որոշ տեղերում կան տարածքներ, որտեղ կետերի նիշերը բացասական են, այսինքն,

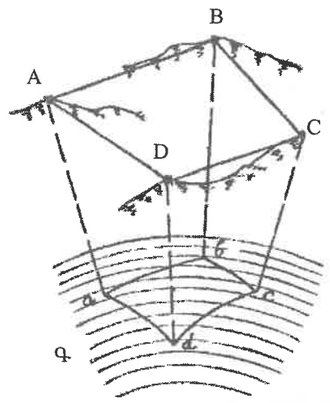
դրանք ցածր են Գեոիդի մակերեւույթից: Պարզ է, որ օվկիանոսների եւ ծովերի հատակները նույնպես ունեն բացասական նիշեր (նկ.1.1):

Անհրաժեշտ է նշել, որ Բալթիկ ծովի մակարդակը ընդունված է նախկին Միությունում պայմանականորեն որպես զրոյական մակարդակ: Որպես զրոյական կարելի է ընդունել մի ուրիշ ծովի մակարդակային մակերեւույթը: Սակայն անհրաժեշտ է հաշվի առնել, որ տարբեր ծովերի եւ օվկիանոսների մակարդակները տարբերվում են միմյանցից մի շարք պատճառների շնորհիվ. մշտական տեղի ունեցող քամու եւ տարբեր հոսանքների ազդեցության տակ, ջրի աղային մասերի ոչ հավասարության պատճառով եւ այլն:

1.6 Երկրի ֆիզիկական մակերեւույթի պատկերումը հարթության վրա: Պրոյեկցիոն եղանակ

Երկրի ֆիզիկական մակերեւույթը՝ ռելիեֆը, լանդշաֆտի (բնապատկերի) սահմանագծերը (լճերի, գետերի, անտառների), կառուցվածքների եզրագծերը (ճանապարհների, ջրանցքների, բնակավայրերի) եւ այլն ակներեւ կարելի է ցուցադրել միայն երկրագնդի փոքրացված մոդելի վրա, որը անվանում են գլոբուս: Սակայն գլոբուսների չափերը հնարավորություն չեն տալիս երկրագնդի մակերեւույթը մանրամասն արտահայտելու համար: Բացի դրանից, գլոբուսները պիտանի չեն ճարտարագիտական նախագծման համար: Այդ պատճառով երկրագնդի ֆիզիկական մակերեւույթը մանրամասն ուսումնասիրելու համար օգտվում են հարթության վրա ստացվող դրա պատկերով: Այդպիսի պատկերը անմիջապես ստանալ հնարավոր չէ, որովհետեւ երկրագունդը հարթություն չէ: Խնդիրը լուծելու համար ստիպված են լինում նախ ստանալ ֆիզիկական մակերեւույթի պրոյեկցիան մակարդակային մակերեվույթի վրա, որից հետո անցնել հարթության վրա: Այդ անցումը կատարվում է պրոյեկցիոն եղանակը կիրառելու միջոցով, որի էությունը կայանում է հետեւյալում:

Ենթադրենք, որ ուսումնասիրվող տեղամասի տակ մտովի շարունակված է Գեոիդի մակարդակային մակերեւույթը (նկ.1.7): Պարզության համար Գեոիդը ընդունենք որպես գունդ եւ պրոյեկտենք մեր կողմից ուսումնասիրության համար ընտրված ֆիզիկական մակերեւույթի A, B, C եւ D կետերը գնդի մակերեւույթի վրա՝ տանելով նշված կետերով նորմալ գծեր: Տվյալ դեպքում դրանք կհամընկնեն ուղղածիգ գծերի հետ: Այս ճանապարհով մենք կստանանք ABCD բազմանկյան գագաթների պրոյեկցիաները՝ a, b, c, d, գնդի մակարդակային մակերեւույթի վրա:



Նկ.1.7

Ենթադրենք այնուհետեւ, որ A եւ B, B եւ C, C եւ D, D եւ A կետերով տարված են ուղղածիգ հարթություններ այնպես, որ դրանք հատվեն եւ՛ ֆիզիկական, եւ՛ մակարդակային մակերեւույթների հետ: Ֆիզիկական մակերեւույթի հետ հատման գծերը կլինեն բեկյալներ, իսկ մակարդակային մակերեւույթի վրա գտնվող ab, bc, cd, da գծերը կներկայացնեն գնդի աղեղներ: Նկարագրված ճանապարհով կա-

րելի է ներկայացնել մակարդակային մակերեւույթի վրա տեղանքի բոլոր մեզ հետաքրքրող կետերի, գծերի եւ անկյունների պրոյեկցիաները: Ի տարբերություն ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող գծերի եւ անկյունների դրանք տեղավորված կլինեն միեւնույն գնդի մակերեւույթի վրա: Այժմ խնդիրը կկայանա նրանում, որպեսզի գնդից անցնել հարթությանը: Սակայն գնդածեւ մակերեւույթը չի կարող փռվել հարթության վրա առանց աղավաղումների ի տարբերություն, օրինակ, գլանի կամ կոնի մակերեւույթներից: Դա նշանակում է, որ զգալի չափեր ունեցող մակերեսների պրոյեկցիաները գնդից հարթության վրա տեղափոխելուց հետո որոշակի չափով եւ ձեւով աղավաղված կլինեն՝ կախված մակերեսի չափից եւ ընդունված պրոյեկցիոն եղանակից: Որքան մեծ լինեն ուսումնասիրվող տարածքի չափերը, այնքան ավելի մեծ կստացվեն աղավաղումները:

Այն գծագիրը, որի վրա փոքրացված տեսքով ներկայացված է որոշակի մաթեմատիկական օրինաչափությամբ աղավաղված, համեմատաբար մեծ չափեր ունեցող տարածքի պրոյեկցիան մակարդակային մակերեւույթի վրա (գնդի, կամ էլիպսոիդի վրա), կոչվում է քարտեզ:

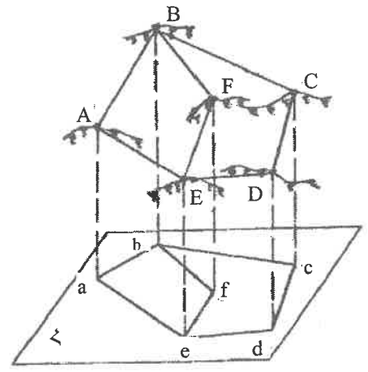
Աշխարհագրական քարտեզներ կառուցելու համար օգտվում են բազմաթիվ քարտեզագրական պրոյեկցիաներից: Պրոյեկցիայի ձեւը կախված է արտահայտվող մակերեսի չափերից եւ քարտեզի նպատակից:

Տեղագրական քարտեզներ կառուցելու համար կիրառվում է, այսպես կոչված, հավասարանկյունային պրոյեկցիան: Տեղագրական քարտեզների վրա արտահայտում են ինչպես առարկաների եզրագծերը, այնպես էլ տեղանքի խորդուբորդությունները՝ ռելիեֆը:

Այժմ դժվար չէ հասկանալ, որ աղավաղումների ազդեցությունը նվազեցնելու համար եւ դրանով իսկ տեղագրական քարտեզներ կազմելու գործողությունները հեշտացնելու համար նախօրոք կարելի է սահմանափակել ուսումնասիրվող մակերեսի չափերը այնպես, որ գնդից հարթության վրա անցնելիս աղավաղումները լինեն ընտրված որոշակի սահմաններում, այսինքն, չգերազանցեն որոշակի մեծությունները: Այս դեպքում ղեկավարվում են հետեւյալ դատողություններով:

Քարտեզների վրա առարկաների եզրագծերի պրոյեկցիաները կառուցելու համար տեղամասի վրա ընտրում են եզրագծերի բնորոշ կետերը, որոնցում փոխվում են եզրագծերի ուղղությունները: Նշված կետերը հանույթելու համար կատարում են գծային եւ անկյունային չափումներ: Ինչպես չափումների ժամանակ, այնպես էլ դրանց արդյունքների մշակման եւ գծագրական կառուցումների ընթացքում թույլ են տրվում, այսպես կոչված, անխուսափելի պատահական սխալներ: Այդ սխալների գումարային արժեքը պետք է գտնվի նախօրոք սահմանված տիրույթում: Եթե գնդածեւ մակերեւույթը հարթության վրա փռելու ընթացքում առաջացող աղավաղումները չեն գերազանցում պատահական սխալները, ապա աղավաղումները անտեսվում են: Ուրիշ խոսքով, որոշակի դեպքերում կարելի է անտեսել մակարդակային մակերեւույթի կորությունը՝ ընդունելով այն որպես հարթություն: Այս դեպքում ուղղածիգ գծերը, որոնց օգնությամբ պրոյեկտվում են տեղամասի կետերը, կլինեն ուղղահայաց (նորմալ) հորիզոնական մակարդակային հարթությանը:

Գծագրի վրա (նկ.1.8) ցուցադրված է մի տեղամաս , որի A, B, C, D, E, F կետերը ուղղահայաց գծերի օգնությամբ պրոյեկտված են հորիզոնական Հ հարթության վրա:



Նկ.1.8

Ստացված a, b, c, d, e, f կետերը եւ ab, bc, cd, de, ea, ef, fb գծերը անվանում են տեղամասի կետերի եւ գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաներ:

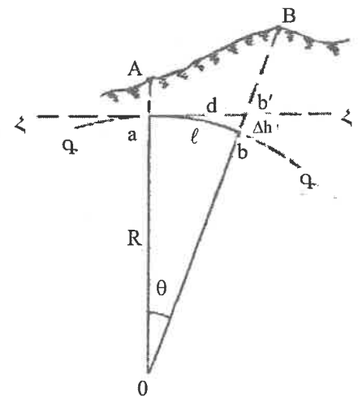
Քանի որ տեղամասի հորիզոնական պրոյեկցիան՝ a b c d e a բազմանկյունը, գտնվում է հարթության վրա, ուստի դա կարելի է առանց աղավաղումների, նման փոքրացված տեսքով արտահայտել թղթի վրա՝ ստանալով տեղամասի հատակագիծը:

Ուսպի հատակագիծ է կոչվում համեմատաբար փոքր չափեր ունեցող տեղամասի հորիզոնական պրոյեկցիայի փոքրացված, բայց նման, առանց աղավաղումների պատկերը:

Հաջորդ դրվագներում ավելի մանրամասնորեն քննարկվում են հատակագծերի եւ քարտեզների կառուցման հետ կապված հարցերը:

1.7 Երկրագնդի կորության ազդեցությունը հորիզոնական հեռավորությունների վրա

Երկրագնդի ֆիզիկական մակերեւույթի վրա գտնվող A եւ B կետերը պրոյեկտված են Գեոիդի (գնդի) մակարդակային մակերեւույթի վրա եւ ստացված են a, b պրոյեկցիաները (նկ.1.9): Եթե գնդածեւ մակերեւույթը փոխարինվի a կետում տարված գնդին շոշափող հորիզոնական հարթությունով, ապա ab′ գիծը կլինի AB գծի հորիզոնական պրոյեկցիան: Դա կտարբերվի ab գծից, որը գտնվում է գնդի վրա: Դժվար չէ տեսնել, որ, եթե ab =ℓ աղեղը փոխարինվի ab′= d հատվածով, ապա թույլ կտրվի $\Delta d = d - \ell$ սխալ:



Նկ.1.9

Այդ սխալը անվանում են երկրագնդի կորության պատճառով առաջացող սխալ: Դրա մեծությունը կախված է ինչպես A եւ B կետերի հեռավորությունից, այնպես էլ երկրագնդի R շառավղից: Գծագրից երեւում է (նկ.1.9), որ d=Rtgθ եւ ℓ=R·θ, որտեղ θ անկյունը արտահայտված է ռադիաններով (1 ռադիանը=57,3° =3438′ =206265″)՝

$$\Delta d = d - \ell = Rtg\theta - R\theta = R(tg\theta - \theta)$$

θ անկյունը փոքր անկյուն է , նույնիսկ, եթե ℓ=100կմ, $\theta = \frac{\ell}{R} \approx 0{,}02$ ռադիան: Ուստի tgθ կարելի է փոխարինել մաթեմատիկայից հայտնի արտահայտությունով՝

$$tg\theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \cdots$$

Այս դեպքում $\Delta d = R(\theta + \frac{1}{3}\theta^3 - \theta)$

Քանի որ $\theta = \frac{\ell}{R}$ ռադիան, ապա՝ $\Delta d = R \cdot \frac{\ell^3}{3R^3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\ell^3}{R^2}$ (1.1)

Ընդունենք ℓ = 10կմ, R = 6371կմ: Քանաձեւից (1.1) կստանանք Δd≈1սմ: Եթե համեմատենք ստացված Δd = 1սմ արժեքը ℓ = 10կմ աղեղի երկարության հետ, կստանանք հարաբերական սխալը՝ $\frac{\Delta d}{\ell} = 1:1000000$: Այդպիսի սխալը թույլատրելի է համարվում նույնիսկ գերճշգրիտ գեոդեզիական չափումների դեպքում: Հետեւաբար, եթե երկրագնդի վրա (նկ.1.9) դիտարկենք 20կմ·20կմ չափեր ունեցող մի քառակուսու մակերեւույթ (կամ ℓ=10կմ շառավիղ ունեցող շրջանի մակերեւույթ), ապա պրոյեկտելով այն տեղամասի մեջտեղով անցնող հորիզոնական հարթության վրա, մենք թույլ կտանք այնպիսի սխալ, որը բնորոշ է գերճշգրիտ գեոդեզիական գծային չափումների համար (10^{-6}): Ուստի, եթե այդ չափումները կատարվեն ավելի ցածր ճշտությամբ, օրինակ, 10^{-5}, ապա ավելի մեծ տարածության վրա գնդածեւ մակերեւույթը կարելի է դիտել որպես հարթություն (աղյուսակ 1.1):

Աղյուսակ 1.1.

ℓ կմ	Δd սմ	Δd: ℓ	ℓ կմ	Δd սմ	Δd: ℓ
10	1	1:1000000	50	103	1:49000
25	13	1:192000	100	820	1:12000

1.7.1 Երկրագնդի կորության ազդեցությունը կետերի բացարձակ բարձրությունների եւ վերազանցումների վրա

B եւ A կետերի վերազանցումը հավասար է՝ $h_{AB}=H_B-H_A=Bb-Aa$ (նկ.1.9): Եթե a կետում տարված է հորիզոնական հարթություն, որը փոխարինում է գնդի մակերեւույթը, եւ B կետի բարձրությունը հաշվվում է մինչեւ այդ հարթությունը (b′ կետը), դա կնշանակի, որ թույլ է տրվում Δh = bb′ սխալը: Այդ սխալի կախումը d եւ R մեծություններից բխում է հետեւյալից:

Ուղղանկյուն Oab′ եռանկյունից կարելի է գրել՝

$d^2 = (R+\Delta h)^2 - R^2 = 2R\cdot\Delta h + \Delta h^2$, կամ $\Delta h = \frac{d^2}{2R + \Delta h}$

Քանի որ Δh մեծությունը R շառավղի նկատմամբ չնչին է, կարելի է գրել՝

$$\Delta h = \frac{d^2}{2R} \qquad (1.2)$$

Տալով (1.2) բանաձեւի մեջ d մեծությանը տարբեր արժեքներ՝ կստանանք Δh-ի հետեւյալ արժեքները (աղյուսակ 1.2):

Աղյուսակ 1.2

d մ	100	1000	5000	10000
Δh սմ	0,08	7,8	195	785,0

Ճարտարագիտական գեոդեզիական աշխատանքների ժամանակ պահանջվող ճշտությունը բնորոշվում է 1-10 մմ սխալներով, ուստի Երկրագնդի կորության ազդեցությունը անհրաժեշտ է հաշվի առնել կետերի բարձրությունները որոշելիս արդեն d = 100 մետր սահմանից սկսած:

1.8 Հատակագիծ

Նախորդ դրվագում (1.6) տրվել է հատակագիծ կոչվող գծագրի բնորոշումը:Ճարտարագիտական աշխատանքներում հատակագիծը ունի մեծ դեր, ուստի կանգ առնենք դրա բնորոշման վրա ավելի մանրամասն: Ենթադրենք, թղթի վրա անհրաժեշտ է արտահայտել մի տարածք, որի չափերը թույլ են տալիս համարել դրա տակ մտովի շարունակված մակարդակային մակերեւույթը որպես հորիզոնական հարթություն (նկ.1.10): Նպատակ դնենք պարզելու, առայժմ ընդհանուր առմամբ, ինչպիսի՞ գործողություններ է անհրաժեշտ կատարել հատակագիծ կազմելու համար: Այդ գործընթացը (նշահարումները, չափումները, հաշվարկները) անվանում են հանույթ: Եթե նպատակ է դրված արտահայտել հատակագծի վրա միայն տեղամասում գտնվող առարկաների (իրադրության) պրոյեկցիաները, հանույթը անվանում են հորիզոնական, իսկ հատակագիծը՝ եզրագծային: Եթե դրանից բացի պետք է արտահայտվի ռելիեֆը, հանույթը եւ դրա արդյունքում ստացված հատակագիծը անվանում են ռելիեֆային կամ տեղագրական:

Առայժմ կանգ առնենք եզրագծային հատակագծի վրա:

Ցանկացած հանույթ կատարելու համար անհրաժեշտ է որոշակի զննումից հետո տեղամասի սահմանների մոտ եւ դրա ներսում ընտրել սահմանափակ թվով հենման կետեր (գեոդեզիական հանույթային ցանցի կետեր): Այդ կետերը ամրացվում են գետնի մեջ համապատասխան ձեւով եւ ծառայում են որպես հիմք հանույթի համար: Սկզբից որոշում են դրանց դիրքը մեկը մյուսի նկատմամբ, որից հետո որոշում են բոլոր անհրաժեշտ եզրագծերի դասավորությունը հիմքի նկատմամբ: Աշխատանքի այդպիսի կազմակերպումը անվանում են ընդհանուրից դեպի մասնավոր: Դա ընդունված է բոլոր գեոդեզիական հանույթների համար որպես սկզբունքային: Գծագրի վրա (նկ.1.10ա) հիմքի կետերը համարակալված են հռոմեական թվերով: Նույն կետերը հորիզոնական հարթության եւ հատակագծի վրա համարակալված են արաբական թվերով:

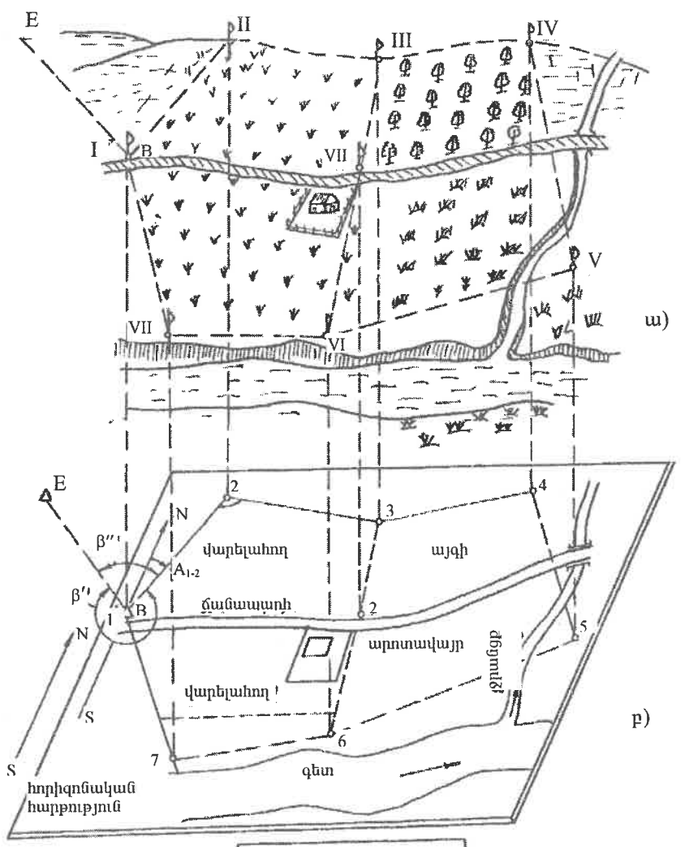
1. Ենթադրենք, 1 կետը գծագրի վրա (նկ.1.10գ) ընտրել ենք ձախ եզրի մոտ այնպես, որ մնացած կետերը տեղավորվեն թղթի վրա: Հարց է առաջանում, ինչ՞ ուղղությամբ տանել 1-2 գիծը, որի վրա պետք է կառուցենք 2 կետը: Դա ընդունված է անել հետեւյալ ձեւով: Տեղամասի վրա ամրացված I գագաթում որոշում են աշխարհագրական միջօրեականի ուղղությունը, այսինքն, հարավ- հյուսիս ուղղությունը (§ 1.11): Այնուհետեւ չափում են I-II գծի պրոյեկցիայի (1-2) եւ միջօրեականի միջեւ (միջօրեի գծի) կազմված հորիզոնական անկյունը: Ընդունված է այդ անկյունը հաշվել ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ, միջօրեականի հյուսիսային ծայրից մինչեւ գծի հորիզոնական պրոյեկցիան եւ անվանել ազիմուտ ($A_{1\text{-}2}$, նկ.1.10բ,գ): Նկարագրված պրոցեսը կոչվում է գծի կողմնորոշում: Ունենալով $A_{1\text{-}2}$-ի մեծությունը՝ հատակագծի վրա տանում են պայմանական միջօրեականի ուղղությունը, սովորաբար, թղթի ձախ եզրին զուգահեռ, եւ փոխադրիչով կառուցում են $A_{1\text{-}2}$ անկյունը: Այսպես ստանում են այն ուղղությունը, որի վրա գտնվում է 2 կետը:

2. Հաջորդ աշխատանքները տեղամասի վրա կատարվում են I-II հատվածի հորիզոնական $d_{1\text{-}2}$ պրոյեկցիան որոշելու նպատակով: Այդ աշխատանքները բաղկացած են գծերի ձողելուց, դրանց հատվածների երկարությունների եւ հորիզոնական հարթության հետ կազմված անկյունների (թեքության անկյունների) որոշելուց (գլուխ 3): Օրինակ՝ եթե I-II հատվածի երկարությունը ստացվել է D մետր, իսկ դրա թեքության անկյունը՝ ν°, ապա $d_{1\text{-}2}$ հորիզոնական պրոյեկցիայի մեծությունը հավասար կլինի $d_{1\text{-}2}=D_{I\text{-}II}\cos\nu$ (§ 3.1.5): Պարզ է, որ այդ հատվածի երկարությունը թղթի վրա տեղադրելու համար անհրաժեշտ է այն փոքրացնել մի քանի հարյուր կամ մի քանի հազար անգամ: Այդ փոքրացումը կատարվում է ըստ ընտրված թվային մասշտաբի 1:M, որի հայտարարը ցույց է տալիս, թե քանի անգամ պետք է կատարվի բոլոր հատվածների փոքրացումը (§ 1.9): Տեղադրելով 1-2 ուղղության վրա $d_{1\text{-}2}$ հատվածի երկարությունը՝ կստանանք հատակագծի վրա 2 կետը (նկ.1.10գ):

3. Հատակագծի վրա հաջորդ 2-3 ուղղությունը ստանալու համար կարելի է կատարել այն, ինչ արվեց 1-2 ուղղության համար: Սակայն ավելի ճիշտ արդյունք կստանանք, եթե 2-3 գիծը կողմնորոշենք 1-2 գծի նկատմամբ՝ չափելով տեղամասի վրա II գագաթում β_2 հորիզոնական անկյունը: Ունենալով β_2 անկյունը՝ կարող ենք փոխադրիչի օգնությամբ ստանալ 2-3 գիծը եւ տեղադրել մասշտաբով $d_{2\text{-}3}$ մեծությունը: Ինչպես կտեսնենք, հետագայում 3 գագաթի դիրքը անհամեմատ ավելի բարձր ճշ-

տությամբ հնարավոր է ստանալ հաշվարկելով դրա կոորդինատները ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգում: Այսպիսով, գծագրի վրա կկառուցվեն 1-2…-8 բազմանկյան (պոլիգոնի) գագաթները:

4. Հաջորդ գործողությունները բաղկացած կլինեն այն աշխատանքներից, որոնք կատարվում են հանույթային ցանցի կողմերի շուրջը գտնվող առարկաների եզրագծերը հանույթելու համար, այսինքն, մանրամասների կամ իրադրության (սիտուացիայի) հանույթի համար: Այդ հանույթի ընթացքում (§ 4.4) ստանում են բոլոր անհրաժեշտ գծային եւ անկյունային տվյալները, որոնց օգնությամբ գծագրի վրա հանույթային ցանցի նկատմամբ կառուցում են առարկաների եզրագծերը: Ստացված գծագիրը լրացվում է պայմանական նշաններով եւ կոչվում է հատակագիծ (նկ.1.10գ):



Նկ.1.10

Այսպիսով, մենք նկարագրեցինք այն աշխատանքները, որոնց ուսումնասիրությանը նվիրված են գրքի հաջորդ դրվագները:

Այժմ ծանոթանանք որոշ սկզբունքների հետ, որոնց հիման վրա ստեղծվում է քարտեզ կո
գծագիրը (§ 1.12): Սակայն նախապես յուրացնենք մասշտաբները, որոնք կիրառվում են հատու
գծեր եւ քարտեզներ կազմելու համար, ծանոթանանք պայմանական նշանների հետ ու ավելի ի
պատկերացում ստանանք գծերի կողմնորոշման մասին (§§ 1.9, 1.10, 1.11):

1.9 Մասշտաբներ

Տեղամասերի հատակագծերը, քարտեզները եւ ուղղածիգ կտրվածքները (պրոֆիլները) կա
են թղթի վրա փոքրացված ձեւով: Մասշտաբ է կոչվում հատակագծի (քարտեզի, պրոֆիլի) ո
հատվածի երկարության հարաբերությունը իրականում դրան համապատասխանող պրոյեկցի
(հորիզոնական կամ ուղղածիգ) երկարությանը: Տարբերում են թվային, գծային եւ լայնական մ
տաբներ:

Թվային մասշտաբը պարզ կոտորակ է, որի համարիչը միշտ հավասար է 1-ի, իսկ հայտար
մեծ մասամբ կլոր թիվ է: Այդ թիվը ցույց է տալիս, թե քանի անգամ է կատարվել փոքրացումը: Այս
օրինակ, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 թվային մասշտաբներով կազմված գծագրերի
հատվածները փոքրացվել են համապատասխանաբար 500, 1000, 2000 եւ 5000 անգամ: Պրոֆիլ
վրա հորիզոնական պրոյեկցիաների փոքրացումը տաս անգամ ավելի է լինում ուղղածիգ
յեկցիաների փոքրացումից: Դա արվում է պրոֆիլները պատկերավոր դարձնելու համար:

Այսպիսով թվային մասշտաբը արտահայտվում է հետեւյալ կոտորակի ձեւով՝

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{d_{ш} : d_{գ}} = \frac{d_{գ}}{d_{ш}}, \qquad (1.3)$$

որտեղ՝ M – ը մասշտաբի հայտարարն է,

$d_{գ}$-ն հատվածի երկարությունն է գծագրի վրա,

$d_{ш}$ –ն հատվածի պրոյեկցիայի երկարությունն է տեղամասի վրա:

Որքան մեծ լինի թվային մասշտաբի M հայտարարը (փոքրացման աստիճանը), այնքան
կստացվեն հատվածները թղթի վրա եւ այնքան մանր է կոչվում մասշտաբը: Եվ հակառակը՝
հայտարար ունեցող մասշտաբների դեպքում հատվածները ստացվում են ավելի խոշոր, եւ մասշ
անվանում են խոշոր: Պարզ է, որ դա հարաբերական հասկացողություն է: 1:5000 մասշտաբը մ
մանր է 1:2000 մասշտաբի նկատմամբ եւ ավելի խոշոր է 1:10000 մասշտաբի նկատմամբ:

Օրինակ՝ տեղավայրի վրա հատվածի հորիզոնական պրոյեկցիան ստացվել է հավա
$d_{ш}$=122.00 մետրի: Որոշել դրան համապատասխանող հատվածի երկարությունը հատակագծի
1:2000 մասշտաբի դեպքում :

Բանաձեւից (1.3) բխում է՝

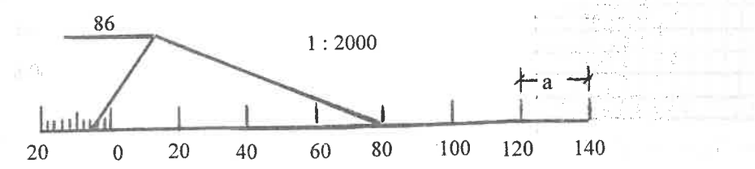
$$d_{գ} = \frac{d_{ш}}{2000}, \qquad d_{գ} = \frac{122.00\text{մ}}{2000} = 0{,}061\text{մ}$$

Խոշոր թվային մասշտաբը գրանցում են հատակագծի կամ քարտեզի ներքեւի մասում
այսպես. 1 սանտիմետրը համապատասխանում է 10 մետրի (1:1000 մասշտաբի դեպքում):

Երբ հատակագծի վրա տեղադրվող հատվածների քանակը մեծ է, թվային մասշտաբով օգ
այնպես, ինչպես նկարագրվեց բերված օրինակում, հարմար չէ: Այս պատճառով գործնակա
օգտվում են թվային մասշտաբի գծագրական արտահայտությունից՝ նախապես կառուցելով ա
թվային մասշտաբին համապատասխանող գծային կամ լայնական մասշտաբներ:

1.9.1 Գծային մասշտաբ

Գծային մասշտաբը տեղավորվում է քարտեզի հարավային շրջանակի տակ: Այն իրենից ներկա
յացնում է ուղիղ գիծ, որի վրա մի քանի անգամ տեղադրված է մասշտաբի a հիմքը: a-ն սովորաբար
ընտրում են հավասար 1, 2, 2.5 եւ 5 սմ (նկ.1.11): Երբ a=2 սմ, մասշտաբը անվանում են նորմալ:



Նկ. 1.11

Մասշտաբի հիմքին համապատասխանող հատվածի երկարությունը տեղամասի վրա կախված է
տվյալ թվային մասշտաբի M հայտարարից: Բազմապատկելով a-ն M-ով՝ կստանանք հիմքի մեծութ
յունը սանտիմետրերով, իսկ բաժանելով հարյուրի՝ մետրերով: Օրինակ՝ եթե a=1 սմ, ապա 1:5000
մասշտաբի համար՝ a·M=5000 սմ=50 մ, իսկ 1:2000-ի համար՝ 20 մ:

Գծային մասշտաբի ձախ հատվածի աջ ծայրը ընդունում են որպես բաժանքների հաշվման
սկզբնակետ եւ նշանակում են 0: Զրոյից ձախ հիմքը սովորաբար բաժանում են 10 մասի: Զրոյից աջ
բաժանքները համարակալում են այնպես, ինչպես ցույց է տրված գծագրի վրա մեկ սանտիմետր հիմք
ունեցող 1:2000 թվային մասշտաբի համար (նկ. 1.11): Քարտեզի վրա որեւէ հատվածի երկարությունը
տեղանքում ստանալու համար այդ հատվածը կարկինով տեղադրում են գծային մասշտաբի վրա այն
պես, որ կարկինի աջ ոտնակը համընկնի մասշտաբի աջ բաժանքներից մեկի ծայրի հետ եւ միեւնույն
ժամանակ ձախ ոտնակը տեղավորվի 0-ից ձախ գտնվող հիմքի սահմաններում: Գծագրի վրա կաթկի
նի ոտնակների միջեւ հեռավորությունը հավասար է 86 մ: Եթե կարկինի ձախ ոտնակը տեղավորվի
երկու հարեւան գծիկների արանքում, ապա աչքաչափով կարելի է գնահատել դրա դիրքը 0.5 մմ սխա
լով: Այդ 0.5 մմ հատվածին տեղանքի վրա համապատասխանող երկարությունը կոչվում է գծային
մասշտաբի ճշտություն (t): Դա հավասար է t=0.5 մմ ·M:

Օրինակ՝ 1:2000 թվային մասշտաբի համար t=0.5 ·2000 մմ=1 մ:

Գծային մասշտաբի կառուցումը այն դեպքերում, երբ թվային մասշտաբի հայտարարը՝ M-ը, կլոր
թիվ չէ, հաճախ անհրաժեշտ է լինում իրականացնել տեղամասի լուսանկարներից օգտվելու դեպքում:
Օրինակ՝ եթե ինքնաթիռից նկարահանված լուսանկարի մասշտաբը 1:17380 է, ապա եթե մասշտաբի
հիմքը ընդունենք 1 սմ, տեղամասում դրան կհամապատասխանի 17380 սմ, կամ 173.8 մ: Ավելի նպա
տակահարմար է հիմքը ընտրել այնպես, որ դրա a երկարությունը տեղանքում համապատասխանի
200 մետրի: a-ն կորոշվի հետեւյալ համեմատությունից՝

1 սմ - 173.8 մ,

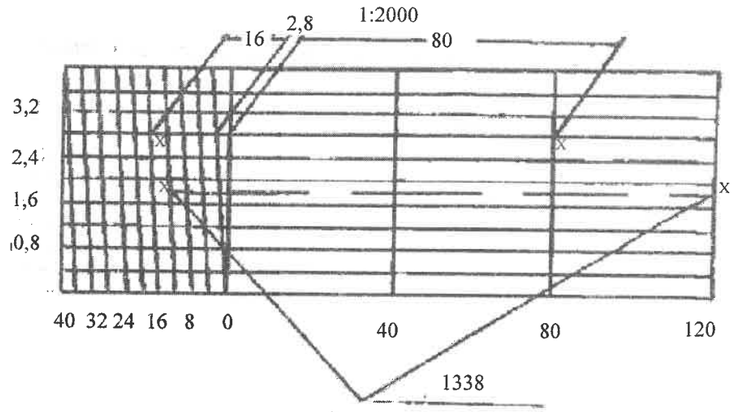
a սմ - 200.0 մ

Հետեւաբար՝ a = 200.0/173.8 = 1.15 սմ:

Հիմքի ստացված մեծությունը տեղադրում են ուղիղ գծի վրա՝ կառուցելով գծային մասշտաբը:

1.9.2 Լայնական մասշտաբ

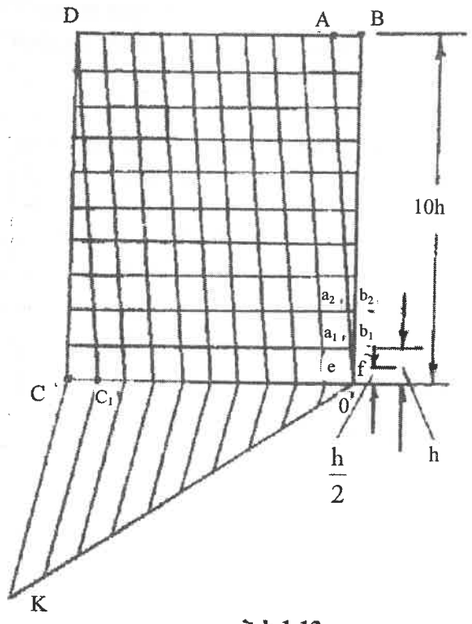
Ավելի բարձր ճշտություն է ապահովում լայնական մասշտաբը (նկ. 1.12): Այն կառուցում են հե
տեւյալ ձեւով: Ուղիղ գծի վրա տեղադրում են մի քանի անգամ մասշտաբի հիմքը, որը սովորաբար
վերցնում են հավասար 2 սմ (նորմալ մասշտաբ) եւ բաժանման կետերից բարձրացնում են ուղղահա
յացներ: Վերջին ձախ հիմքը բաժանում են 10 հավասար մասերի: Անհրաժեշտ ճշտություն ստանալու
համար բաժանումը իրականացնում են հետեւյալ ձեւով: 0 կետից OC գծի նկատմամբ սուր անկյան
տակ տանում են OK գիծը եւ ստացված ուղղության վրա կարկինով տեղադրում են տասը հավասար
երկարություն (3-5մմ) ունեցող հատվածներ (նկ. 1.13): Այնուհետեւ K կետը միացնում են C կետի հետ



Նկ. 1.12

եւ OK գծի բոլոր հատվածների ծայրակետերից տանում են KC ուղղությանը զուգահեռ գծեր, որոնք, հատվելով OC հատվածի հետ, բաժանում են այն տասը հավասար մասերի:

Գծագրի վրա (նկ. 1.13) ցույց է տրված լայնական մասշտաբի ձախ վանդակը մեծացված տեսքով: Կատարելով կառուցումը՝ OB գծի վրա կարկինի օգնությամբ տեղադրում են տասը հավասար հատվածներ 2 կամ 3 մմ երկարությամբ եւ բաժանման կետերից տանում են OC հիմքին զուգահեռ գծեր: Դրանից հետո ձախ վանդակի D կետը միացնում են թեք գծով C_1 կետի հետ եւ մնացած հիմքի հատվածների ծայրերից տանում են DC_1 գծին զուգահեռ ուղիղներ: Այդ հիմքի նկատմամբ թեք գծերը անվանում են հատողներ (տրանսվերսալներ): Սրանով ավարտվում է մասշտաբի կառուցումը:



Նկ.1.13

Ինչպես երեւում է գծագրից (նկ.1.13), O կետից տարած OB եւ OA գծերը, հատվելով հիմքին զուգահեռ ուղիղների հետ, առաջացնում են նման եռանկյուններ, որոնցից ամենափոքրի հիմքը հավասար է a_1b_1-ի, իսկ բարձրությունը՝ h-ի: Երկրորդ եռանկյան հիմքը հավասար է a_2b_2, իսկ բարձրությունը՝ 2h եւ այլն: Ամենամեծ եռանկյան հիմքը՝ $AB=10a_1b_1$, իսկ բարձրությունը OB=10h:

Եթե մասշտաբի հիմքը (20 մմ) բաժանված է n մասի, իսկ հիմքին ուղղահայաց տեղավորված են m հավասար հատվածներ, ապա ամենափոքր a_1b_1 հատվածը հավասար կլինի՝ $a_1b_1 = \frac{OC}{m \cdot n}$

Եթե n=10 եւ m=10, ապա a_1b_1=OC:100:

Այդպիսի մասշտաբը անվանում են հարյուրական մասշտաբ:

Քանի որ նորմալ մասշտաբի հիմքը հավասար է 20 մմ, ուստի a_1b_1=0.2 մմ: Փորձնական ճանապարհով գտել են, որ անզեն աչքով կարելի է տարբերել երկու իրար մոտ գտնվող կետերը որպես առանձին կետեր, եթե դրանց հեռավորությունը 0.1 միլիմետրից մեծ է: Եթե այդ հեռավորությունը փոքրանում է, կետերը ձուլվում են միմյանց (0.1 մմ-ը՝ մատիտի ծայրով արված կետի տրամագիծն է): Դրան անվանում են գրաֆիկական ճշտություն:

Ասվածի հիման վրա ընդունված է համարել 0.1 մմ այն ամենափոքր հեռավորությունը թղթի, հատակագծի, քարտեզի, պրոֆիլի վրա, որը անզեն աչքը կարող է ընկալել որպես հատված: Այդ հատվածին տեղանքի վրա կհամապատասխանի որոշակի երկարություն, որը անվանում են լայնական մասշտաբի ճշտություն: Այն հավասար է՝ t=M·0.1 մմ:

Նկարագրված հարյուրական նորմալ մասշտաբի վրա t ճշտությանը համապատասխանող հատվածը՝ 0.1 մմ հավասար է o a_1b_1 եռանկյան հիմքի՝ a_1b_1-ի, կեսին եւ ներկայացնում է oef եռանկյան ef հիմքը: Եռանկյան բարձրությունը հավասար է $\frac{h}{2}$, ուստի $ef = \frac{a_1b_1}{2} = \frac{OC}{200}$:

Ինչպես տեսանք, t = 0.1 մմ·M: Միեւնույն ժամանակ՝ $t = ef = \frac{OC}{200}$, ուրեմն, նորմալ հարյուրական լայնական մասշտաբի ճշտությունը կարելի է որոշել նաեւ ելնելով հետեւյալ դատողություններից: Եթե թվային մասշտաբի հայտարարը M է, ապա լայնական մասշտաբի հիմքը հավասար կլինի՝ OC = 20 մմ·M, իսկ ճշտությունը՝ $t = \frac{OC}{200} = \frac{20\text{մմ}}{200} \cdot M$:

Օրինակ՝ 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:50000, 1:10000 մասշտաբների հիմքերը համապատասխանաբար հավասար կլինեն 10 մ, 20 մ, 40 մ, 100 մ, 200 մ, իսկ ճշտությունները կլինեն 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1.0 մետր:

Տեղամասի վրա գտնվող առարկաները, որոնց չափերը մասշտաբի ճշտությունից փոքր են, հնարավոր չէ արտահայտել թղթի վրա՝ պահպանելով դրանց չափերը: Այստեղից դժվար չէ եզրակացնել, որ հնչքան խոշոր լինի հատակագծի կամ քարտեզի մասշտաբը, այնքան ավելի մանրամասնորեն կարելի է արտահայտել տեղանքը:

Գծագրի վրա (նկ.1.12) լայնական մասշտաբի թվերը համապատասխանում են 1:2000 թվային մասշտաբին (1 սանտիմետրի մեջ՝ 20 մետր): Մասշտաբի հիմքը հավասար է 2·20 մ = 40 մետր, հիմքի մեկ բաժանքը 4 մ է , իսկ ամենափոքր եռանկյան հիմքը՝ a_1b_1 = 0,4մ: Մասշտաբի ճշտությունը $t = \frac{40\text{մ}}{200} = 0{,}2\text{մ}$: Մասշտաբի ձախ մասում հիմքին ուղղահայաց ուղղությամբ գրված են մեկ ընդմեջ OAB եռանկյան ներսում գտնվող եռանկյունների հիմքերի մեծությունները մետրերով:

Լայնական մասշտաբից օգտվում են հետեւյալ կերպ: Ենթադրենք, հատակագծի վրա կարկինով չափված է որեւէ հատված: Դրան համապատասխանող հորիզոնական պրոյեկցիայի երկարությունը տեղամասի վրա որոշելու համար կարկինի մի ոտնակը համատեղում են հիմքից աջ գտնվող ուղղածիգ գծերից մեկի հետ այնպես, որ մյուս ոտնակը տեղավորվի ձախ հիմքի սահմաններում:Այնուհետեւ կարկինի աջ ոտնակը բարձրացնում են ուղղահայաց գծիկով այնքան, մինչեւ ձախ ոտնակը, բարձրանալով աջի հետ միաժամանակ, հատի մոտակա տրանսվերսալը: Ենթադրենք, նկարագրված գոր-

ծողությունններից հետո կարկինի ոտնակները դասավորվել են 7-րդ հորիզոնականի վրա երկու խաչաձեւ գծիկների միջեւ:

Այս վիճակում`

1. հաշվում են հիմքին հավասար հատվածների թիվը եւ բազմապատկում են այն 40 մետրով, ստացվում է 2·40 մ = 80 մ;

2. հաշվում են հիմքի մեկ տասնորդական մասին համապատասխանող հատվածների թիվը եւ բազմապատկում են 4 մետրով, ստանում են 4·4 = 16 մ;

3. գնահատում են 7-րդ հորիզոնականի վրա գտնվող փոքր եռանկյան հիմքը, որը հավասար է $7 \cdot a_1b_1 = 7 \cdot 0.4$ մ = 2.8 մ:

Այսպիսով, ամբողջ գծի երկարությունը հավասար կլինի`

2·40 մ + 4·4 մ + 7·0.4 մ = 80 մ + 16 մ + 2.8 մ = 98.8 մ:

Այժմ դիտարկենք այն դեպքը, երբ անհրաժեշտ է լայնական մասշտաբի օգնությամբ տեղադրել հատակագծի վրա տեղամասում չափված գծի հորիզոնական պրոյեկցիան: Եթե հատվածի երկարությունը հավասար է 133.80 մ, ապա`

1. որոշում են, թե քանի մասշտաբի հիմք է տեղավորվում տվյալ երկարության մեջ`

133.80 : 40 = 3 · 40 + 13.80 մ;

2. որոշում են, թե քանի չորս մետրանոց հատված է տեղավորվում մնացորդի մեջ`

13.80: 4 = 3 · 4 + 1.80 մ;

3. որոշում են, թե քանի անգամ է տեղավորվում 1,80-ի մեջ a_1b_1-ը, ամենափոքր եռանկյան հիմքը`

1,80 : 0,40 = 4,5:

Կարկինի աջ ոտնակը համատեղում են O-ից հաշված աջ երրորդ ուղղաձիգ գծիկի հետ, ձախ ոտնակը բացում եւ համատեղում են O-ից ձախ հիմքի երրորդ բաժանքի ծայրին:

Այնուհետեւ բարձրացնում են ձախ ոտնակը թեք հատողի վրայով` 4.5 ուղղաձիգ բաժանքների չափով (4.5 · h): Նույն չափով պետք է բարձրացվի ուղղաձիգ գծիկով կարկինի աջ ոտնակը (նկ.1.12):

Եթե տեղադրվող հատվածի մեջ ստացվում է մնացորդ, որը փոքր է 0.2 մ-ից` մասշտաբի ճշտությունից, ապա կատարում են կլորացում դեպի այն թիվը, որը կարելի է տեղադրել առանց մնացորդի եւ որը մոտ է տեղադրվող հատվածին: Օրինակ, եթե հատվածի երկարությունը հավասար է 96.89 մ, ապա պետք է կլորացնել այն մինչեւ 96.80: Իսկ եթե 96.91 է, ապա պետք է տեղադրել 97.00 մ:

Ինչու՞մ է լայնական մասշտաբի առավելությունը: Պատկերացնենք, որ OAB եռանկյան մեջ գտնվող բոլոր մնացած եռանկյունների հիմքերը` a_1b_1, a_2b_2…., պրոյեկտված են հիմքի վրա: Այդ դեպքում հիմքի երկու միլիմետրանոց հատվածը բաժանված կլինե 10 հավասար մասերի: Դրանք կտարբերվեն միմյանցից 0.2 միլիմետրով եւ կներկայացնեն վերեւում նկարագրված գծային մասշտաբը: Սակայն այդպիսի մասշտաբից օգտվելը անհնար կլինի: Լայնական մասշտաբի վրա նույն միմյանցից 0.2 միլիմետրով տարբերվող հատվածները դասավորված են տարբեր բարձրությունների վրա (նկ.1.13), ուստի դրանք մեկը մյուսից տարբերելը դժվար չէ:

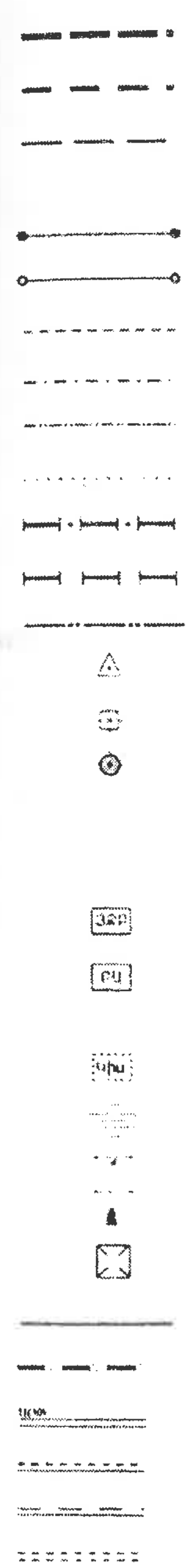
Բազմաթիվ անգամ օգտագործելու համար լայնական մասշտաբները գծվում են հատուկ մեքենաների օգնությամբ բարակ մետաղական չժանգոտվող թիթեղների վրա, որոնք անվանում են մասշտաբային քանոններ:

1.10 Հատակագծերի, քարտեզների եւ գեոդեզիական (շինարարական) գծագրերի վրա օգտագործվող պայմանական նշաններ

Հատակագծերը եւ քարտեզները կազմելիս օգտագործում են տվյալ մասշտաբի համար ընդունված պայմանական նշաններ: Այդ նշաններով արտահայտում են տեղանքի տարբեր առարկաները, ըստ որում պայմանական նշանների տեսքը աշխատում են ընտրել այնպես, որ դրանք նմանեցվեն այս կամ այն առարկային: Դա հեշտացնում է քարտեզների եւ հատակագծերի օգտագործումը:

Պայմանական նշանները բաժանվում են եզրագծային կամ մասշտաբային նշանների եւ արտամասշտաբային նշանների:

ԿԱԴԱՍՏՐԱՅԻՆ ՔԱՐՏԵԶՆԵՐԻ ՊԱՅՄԱՆԱԿԱՆ ՆՇԱՆՆԵՐ[1]



Հաստություն	Նշանակություն
1 մմ	Կադաստրային տարածքների սահմաններ
0.75 մմ	Կադաստրային ենթատարածքների սահմաններ
0.5 մմ	Կադաստրային թաղամասերի սահմաններ
	Ճշգրիտ սահմանագիծ ունեցող հողամասերի սահմաններ
0.25 մմ	ա) ամրացված
0.25 մմ	բ) չամրացված
0.25 մմ	Մոտավոր սահմանագիծ ունեցող հողամասերի սահմաններ
	Նպատակային նշանակության հողային ֆոնդի սահմաններ
	Գործառնական նշանակության առանձին տարածքների սահմաններ
	Առանձին հողատեսքերի սահմաններ
	Պետական սահմաններ
	Մարզային սահմաններ
	Համայնքային սահմաններ
	Պետական գեոդեզիական ցանցի կետեր
	Գեոդեզիական ցանցի խտացման կետեր
	Հանույթային ցանցի կետեր
	Շենքեր եւ շինություններ
	ա) հարկայնությունը (3)
	բ) կառույցի նյութը (Ք-քար, Բ-բետոն, Փ-փայտ)
	գ) նպատակային նշանակությունը [2] (Բ-բնակելի, Հ-հասարակական, Ա-արտադրական)
	Կիսակառույց շենքեր եւ շինություններ
	Եկեղեցի
	Հեռուստա եւ ռադիո աշտարակներ
	Հուշարձաններ
	Ծածկեր (կանգառներ եւ այլն)
0.5 մմ	Պահպանության գոտիներ
	Երկաթգծեր
	Ավտոճանապարհներ (Ա-ասֆալտ, 10-լայնություն)
	Դաշտային ճանապարհներ
	Խճուղային ճանապարհներ
	Անասնատարներ

Ծանոթություն.

1 - Սույն պայմանական նշանները նախատեսված են կադաստրային թվային քարտեզների համար: Հանույթային նյութերի վրա այս նշանները պատկերվում են սեւ գույնով:

Նկ.1.14ա

Հետևյալ ացօրոկրները
Ցոոպցոոպ վնասոոպ
Տրոմկիպ ոլոկ
Էսսակիպ
Կաոյոորգներ
Ճոոնեկներ

Հրաոյակներ

Փոոոց

Բարձրակէ էկեհտրահաոորոմաց գծեր (վերգեցույ)
(ցեսաոյա հեցաոյոոմդոոր վրա)
(փայտե տյոոդոոր վրա)
Յածր լարոմաց էկեհտրահաոորոմաց գծեր
Կաոյ գծեր (փայտե ցյոոդոոր վրա)
Հրագծեր ստորգեցույ տյոոդոոր (Մ - Իոոոոհակիի ցյոոդ, 500- Իոոոոհակիի տրաոմագիծ)
Հրագծեր վերգեցույ
Հրագծեր ցյոոդոոր վրա
Տեխոմկիակաց վնասոոպ ստորգեցույ տյոոդոոր (Կ - Իոոոոհակիի ցյոոդ, 250- Իոոոոհակիի տրաոմագիծ)
Տեխոմկիակաց վնասոոպ վերգեցույ տյոոդոոր
Տեխոմկիակաց վնասոոպ ցյոոդոոր վրա
Հրահոոյոմց վնասոոպ ստորգեցույ տյոոդոոր
Հրահոոյոմց վնասոոպ վերգեցույ տյոոդոոր
Հրահոոյոմց վնասոոպ ցյոոդոոր վրա
Գագաոար ստորգեցույ տյոոդոոր (Մ - Իոոոոհակիի ցյոոդ, 500- Իոոոոհակիի տրաոմագիծ)
Գագաոար վերգեցույ տյոոդոոր
Գագաոար ցյոոդոոր վրա
Կաոյ ստորգեցույ գծեր
Գագաոար վերգեցույ
Գագաոար ցյոոդոոր վրա
Ցոոպցոոպ վնասոոպ (Մ - Իոոոոհակիի ցյոոդ, 300- Իոոոոհակիի տրաոմագիծ)
Ցոոպցոոպ վերգեցույ
Ցոոպցոոպ ցյոոդոոր վրա
էկեհտրահաոորոմաց ցաճրահոլս գծեր
էկեհտրահաոորոմաց հոոոոմդ ստորգեցույ տյոոդոոր գծեր
Պարհոոյեր (էար, բեցոո)
Յաոհահոոյոոր (մեցաոյա ցաոցեր, փայտե փայտեր)
Լճեր
գեցեր, գեցահճեր
Հրաոցեր (Յ մ - լայոորբյոոո)
Լճոոեր
Ստորգեցույ տյոոդոոր գրաոցերը
բեցոոճ կիոոահոոոհակիճեր
Հրահոագաոցեր
Հրեր
Մոոբյոոո

Նկ.1.14բ

Ծոոո, ճորահճեր (էրհոոոէհ)
Ծոոո, ճորահճեր (չոո)
Եոոեգհոոոցեր
Ճահոոոյ վերգ հոոեր
Ճոոոոահոոոյեր ճոոոոհ
Ճոոոոյ

Մասշտաբային են անվանում այն պայմանական նշանները, որոնց օգնությամբ տեղանքի առարկաները արտահայտում են ըստ տվյալ քարտեզի կամ հատակագծի մասշտաբի, այսինքն, տվյալ պայմանական նշաններով կարելի է որոշել տեղամասի վրա գտնվող առարկայի ոչ միայն դիրքը, այլեւ չափերը:

Եթե տվյալ մասշտաբի դեպքում առարկան փոքրության պատճառով հնարավոր չէ արտահայտել եզրագծային պայմանական նշանով, ապա օգտագործում են արտամասշտաբային պայմանական նշան: Այդպիսի նշաններով արտահայտվող առարկաները զբաղեցնում են գծագրի վրա ավելի մեծ տեղ, քան թույլ է տալիս մասշտաբը:

Արտամասշտաբային նշաններով քարտեզների վրա արտահայտում են, օրինակ, երկաթուղիները, ըստ որում երկաթուղու առանցքը տեղադրվում է համաձայն իր իրականությունում եղած հորիզոնական պրոյեկցիայի ըստ մասշտաբի: Սակայն դրա լայնությունը գծագրի վրա ցույց է տրվում ավելին, քան դա կլինի մասշտաբով տեղադրելիս:

Որոշ առանձնահատկություն ունեն նշահարման եւ կատարողական հանույթների համար կիրառվող պայմանական նշանները, որոնք օգտագործվում են կառուցվող օբյեկտների գլխավոր հատակագծերը կազմելիս:

Գծագրի վրա (նկ.1.14) բերված են որոշ պայմանական նշաններ տեղագրական, հատակագծերի եւ շինարարական գծագրերի համար (1:500 մասշտաբի համար):

Քարտեզների եւ հատակագծերի գրավոր բացատրությունների մեծ մասը արվում է շրջանակների վերեւի եւ ներքեւի կողմերին զուգահեռ:

Գետերի, առվակների, լեռնաշղթաների անվանումները գրվում են իրենց ուղղությունների երկարությամբ:

Հատակագծերը եւ տեղագրական քարտեզները ձեւավորելիս օգտագործում են տարբեր գույնի ներկեր: Կանաչ գույնով ներկում են ջրային տարածքների եզրերը (լճերի, գետերի): Դարչնագույնով գծվում են ռելիեֆը, ավազոտ տարածությունները, սեւ գույնով՝ մնացած առարկաները եւ մակագրերը: Ջրով զբաղեցված տարածքների մակերեւույթը ներկում են թույլ կապույտ գույնով քաղցրահամ ջրերի դեպքում եւ մանուշակագույնով՝ աղային ջրերի դեպքում: Խճուղային ճանապարհները ներկում են թույլ կարմիր գույնով, բարելավված գրունտային ճանապարհները՝ դեղին կամ բաց դարչնագույն գույնով:

Բոլոր տեսակի պայմանական նշաններին վերաբերվող տվյալները բերվում են հատուկ գրքերում [21]:

1.11 Գծերի կողմնորոշումը տեղանքի վրա

Կողմնորոշել տեղանքի գիծը նշանակում է որոշել դրա դիրքը նախօրոք ընտրված սկզբնական (ելման) ուղղության նկատմամբ:

Տարբեր ճարտարագիտական նախագծային աշխատանքների դեպքում անհրաժեշտ է լինում իմանալ օբյեկտների (առարկաների) դասավորությունը երկրի կողմերի նկատմամբ: Այդ պատճառով տեղանքի վրա գծերի կողմնորոշումը կատարելիս որպես սկզբնական ուղղություն ընտրում են աստղագիտական (իրական) կամ մագնիսական միջօրեականի ուղղությունը (նկ.1.15)

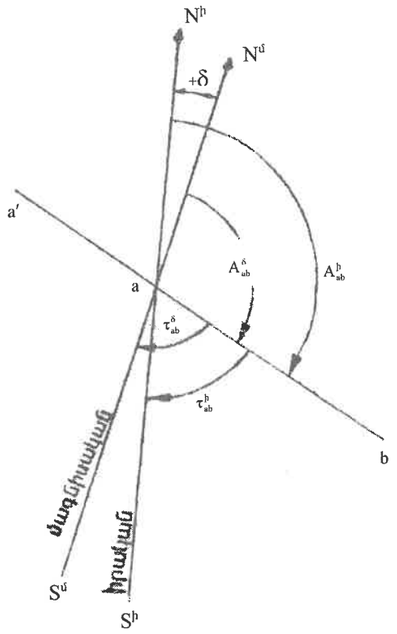
Աստղագիտական միջօրեականի ուղղությունը աստղագիտական միջօրեականի հարթության եւ հորիզոնական հարթության հատման գծի ուղղությունն է: Միջօրեականի այն մասը, որը ուղղված է դեպի հյուսիս, ընդունված է անվանել միջօրեականի հյուսիսային ծայր, իսկ հարավայինը անվանում են հարավային ծայր: Միջօրեականին ուղղահայաց հարթությունը, հատվելով տվյալ կետով անցնող հորիզոնական հարթության հետ, առաջացնում է մի գիծ, որը ցույց է տալիս արեւելքի (հյուսիսի նկատմամբ դեպի աջ) եւ արեւմուտքի ուղղությունը (դեպի ձախ): Երկրի կողմերը նշանակվում են լատինական տառերով: Հյուսիս (Nord), հարավ (Sud), արեւելք (Ost), արեւմուտք (West) կամ ռուսական տառերով С, Ю, В, З (նկ. 1.16): Միջօրեականի ուղղությունը եւ դրան ուղղահայաց ուղղությունը առաջացնում են չորս քառորդներ, որոնք համարակալվում են հռոմեական թվերով եւ վերը նշված տառերով՝ I NO, II SO, III SW, IVNW: Քառորդի անվան առաջին տառը ցույց է տալիս միջօրեականի ծայրի ուղղությունը:

Իրական միջօրեականի ուղղությունը տեղանքի տվյալ կետում որոշվում է աստղագիտական դիտումներով: Ներկայումս այն ավելի արագ որոշվում է նաեւ գիրոթեոդոլիտի միջոցով:

Մագնիսական միջօրեական

Մագնիսական միջօրեականի ուղղությունը որոշվում է կատարելագործված կողմնացույցի՝ բուսոլի օգնությամբ (1.11.5): Դրա մագնիսական սլաքի հյուսիսային եւ հարավային ծայրերով տարած ուղղաձիգ հարթության եւ հորիզոնական հարթության հատման գիծը (սլաքի հանդարտված դրությամբ) ցույց է տալիս մագնիսական միջօրեականի ուղղությունը:

Աստղագիտական եւ մագնիսական միջօրեականների ուղղությունները չեն համընկնում: Դրանց միջեւ կազմած հորիզոնական անկյունը կոչվում է մագնիսական սլաքի խոտորում կամ մագնիսական հակում եւ նշանակվում է δ տառով (նկ.1.15): Մագնիսական հակումը համարվում է արեւելյան կամ արեւմտյան, կախված նրանից, թե մագնիսական միջօրեականը որ կողմ է շեղված իրական միջօրեականի նկատմամբ: Արեւելյան հակումը համարվում է դրական, իսկ արեւմտյանը՝ բացասական:



Նկ.1.15

Նախկին ԽՍՀՄ-ի տարածքում δ-ն փոփոխվում է 20°-ի սահմաններում: Դրա մեծությունը նույնիսկ միեւնույն կետում կարող է փոփոխվել օրվա ընթացքում մինչեւ 1°, եւ, միջին հաշվով, այդ փոփոխումը կազմում է 15′: Մագնիսական սլաքը կարող է տալ նաեւ ուժեղ խոտորումներ երկաթահանքերի շրջանում եւ էլեկտրամագնիսական դաշտի ազդեցությունից: Նկատի ունենալով այդ հանգամանքը՝ գծերի կողմնորոշումը մագնիսական սլաքի օգնությամբ կատարում են փոքր տեղանքի ոչ պատասխանատու հանույթների, ինչպես նաեւ երկրաբանահետախուզական որոշ աշխատանքների ժամանակ:

1.11.1 Ազիմուտներ եւ ռումբեր

Տեղանքի գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաները կազմում են միջօրեականների ուղղությունների նկատմամբ երկու տեսակի հորիզոնական անկյուններ՝ ազիմուտներ եւ ռումբեր:

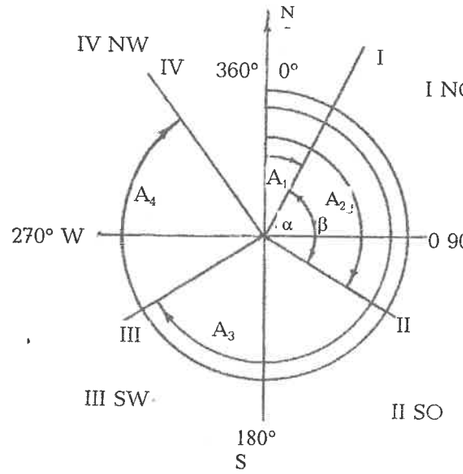
Ազիմուտ: ab գծի աստղագիտական (իրական) ազիմուտը a կետում՝ դա հորիզոնական անկյուն է, որը հաշվվում է իրական միջօրեականի հյուսիսային ծայրից ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ մինչեւ գծի հորիզոնական պրոյեկցիան: Ազիմուտը նշանակում են A տառով:

Մագնիսական ազիմուտը չափվում է մագնիսական միջօրեականի հյուսիսային ծայրի նկատմամբ: Գծագրի (նկ.1.15) վրա ցույց են տրված ab գծի իրական A^h եւ մագնիսական A^δ ազիմուտները: Դրանք տարբերվում են δ անկյունով՝

$$A^h_{ab} - A^\delta_{ab} = \delta \qquad (1.4)$$

Հորիզոնական A_1, A_2, A_3, A_4 անկյունները ներկայացնում են a կետից սկսվող aI, aII, aIII, aIV ուղղությունների ազիմուտները (նկ.1.16): Ազիմուտը փոփոխվում է 0°-ից մինչեւ 360°:

Եթե հայտնի են β անկյան աջ՝ aII եւ ձախ՝ aI կողմերի ազիմուտները, կարելի է որոշել անկյան մեծությունը՝ $\beta = A_2 - A_1$: (1.5)



Նկ.1.16

Ռումբ: Ազիմուտների եռանկյունաչափական ֆունկցիաները ստանալու համար ձեռնտու է նախապես դրանք վերածել սուր անկյունների՝ ռումբերի:

Ռումբ է կոչվում այն հորիզոնական անկյունը, որը գծի պրոյեկցիան կազմում է միջօրեականի մոտակա ծայրի ուղղության հետ (նկ.1.17): Եթե ռումբը որոշում են աստղագիտական միջօրեականի նկատմամբ, դրան անվանում են իրական ռումբ, իսկ մագնիսական միջօրեականի նկատմամբ որոշված ռումբը անվանում են մագնիսական:

Ռումբը սուր անկյուն է եւ կարող է փոփոխվել 0°-ից 90°-ի սահմաններում:

Որպեսզի գծի ռումբը միանշանակ արտահայտի դրա ուղղությունը, ռումբի աստիճանային արժեքից բացի անհրաժեշտ է նշել նաեւ դրա քառորդը: Օրինակ՝ եթե aI գծի ռումբի թվային արժեքը հավասար է 28°19′, իսկ գիծը անցնում է հյուսիսի եւ արեւելքի միջեւ, ապա գրում են՝

r_{aI} = NO: 28°19′, կամ՝ r_I = NO: 28°19′

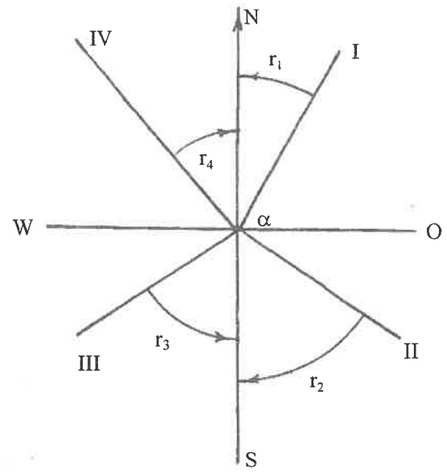
Եթե չգրվի ռումբի անունը, այլ նշվի միայն դրա թվային արժեքը՝ 28°19′, ապա հայտնի չի լինի, ո՞ր գծի մասին է խոսքը: Քանի որ ռումբի մեծությունը փոփոխվում է 0°-ից 90°, ապա միեւնույն թվային արժեք կարող են ունենալ չորս գծեր՝ չորս տարբեր քառորդներում:

Ազիմուտների եւ ռումբերի թվային արժեքների միջեւ կապը հետեւյալն է (նկ.1.18).

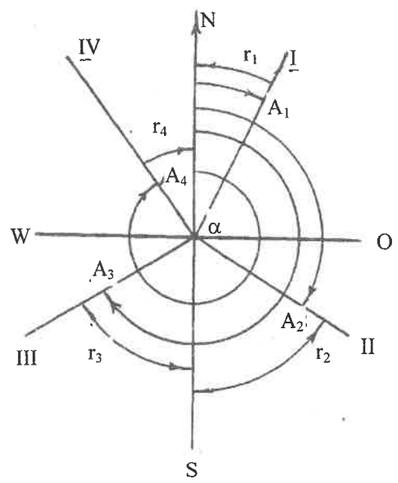
I քառորդում	r = A	
II քառորդում	r = 180° - A	
III քառորդում	r = A - 180°	
IV քառորդում	r = 360° - A	(1.6)

Եթե հայտնի է ռումբը եւ անհրաժեշտ է որոշել ազիմուտը, ապա օգտվում են հետեւյալ բանաձեւերից՝

I քառորդում	A = r	
II քառորդում	A = 180° - r	
III քառորդում	A = r + 180°	
IV քառորդում	A = 360° - r	(1.7)



Նկ. 1.17



Նկ. 1.18

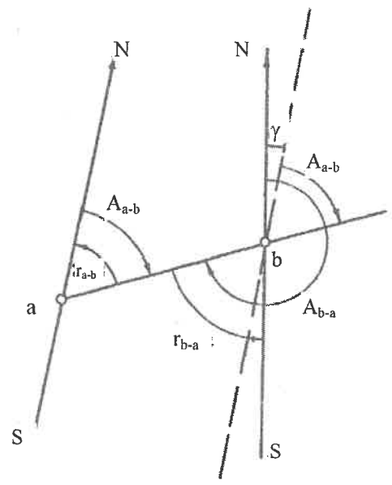
Քանի որ ազիմուտը կարող է փոփոխվել 0°-ից մինչեւ 360°, ապա անհրաժեշտություն չկա, գրելով 320°36′, ճշել նաեւ քառորդը, որովհետեւ ազիմուտի արժեքի մեջ արտահայտված է նաեւ քառորդը.

I քառորդը	0° - 90°
II քառորդը	90° - 180°
III քառորդը	180° - 270°
IV քառորդը	270° - 360°:

Ուստի A = 320°36′ ազիմուտ ունեցող գիծը անցնում է չորրորդ քառորդում, այսինքն, հյուսիս-արեւմուտք ուղղությամբ:

1.11.2 Ուղիղ եւ հակադարձ ազիմուտ: Մերձեցման անկյուն

Գծագրի (նկ.1.19) վրա պատկերված են տեղամասի A եւ B կետերի հորիզոնական պրոյեկցիաները՝ a եւ b: Եթե ab ուղղությունը համարենք ուղիղ, ba ուղղությունը կկոչվի հակադարձ:



Նկ. 1.19

Ուստի, եթե ab ուղղության ազիմուտը a կետում անվանենք ուղիղ ազիմուտ, ba ուղղության ազիմուտը b կետում կկոչվի ab գծի հակադարձ ազիմուտ: Այսպիսով, միեւնույն գիծը կունենա երկու ազիմուտ:

Գծագրից երեւում է, որ $A_{ba} = A_{ab} + 180° + \gamma$:

Եթե ուղիղ անվանենք ba ուղղությունը, ապա դրա հակադարձը կլինի ab ուղղությունը, եւ դրա ազիմուտը հավասար կլինի՝

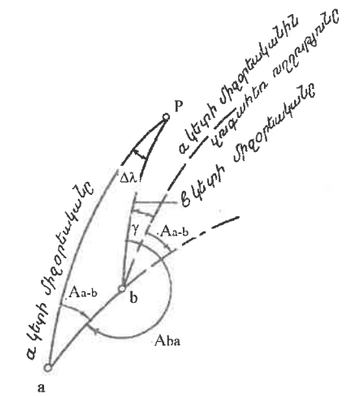
$$A_{ab} = A_{ba} - 180° - \gamma$$

Այսպիսով, կարելի է գրել, որ հակադարձ ազիմուտը հավասար է ուղիղ ազիմուտին՝ գումարած կամ հանած 180° եւ γ՝

$$A_{հակ} = A_{ուղիղ} \pm 180° \pm \gamma \qquad (1.8)$$

Դրական ճշանը համապատասխանում է այն դեպքին, երբ գծի ուղիղ կոչվող ռումբի անվան մեջ կա 0 տառը:

γ անկյունը անվանում են a եւ b կետերով անցնող միջօրեականների մերձեցման անկյուն: Այդ անկյան առաջացումը պայմանավորված է միջօրեականների ոչ զուգահեռությամբ, քանի որ բոլոր միջօրեականները հատվում են բեւեռներում (նկ.1.20):



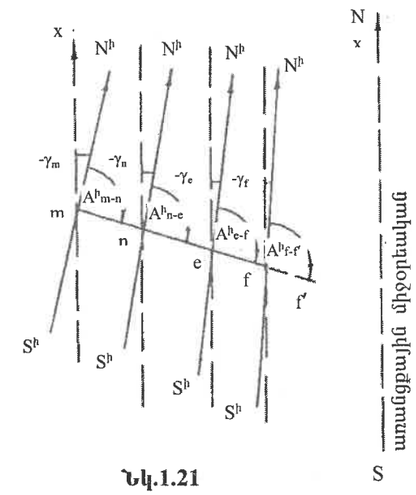
Նկ. 1.20

γ անկյան մեծությունը կախված է a եւ b կետերի դիրքից մակարդակային մակերեւույթի վրա եւ որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\gamma = \Delta\lambda \cdot \sin\varphi , \qquad (1.9)$$

որտեղ $\Delta\lambda = \lambda_b - \lambda_a$՝ b եւ a կետերի երկայնությունների տարբերությունն է, իսկ $\varphi = \frac{\varphi_a + \varphi_b}{2}$ այդ կետերի լայնությունների միջին թվաբանականը: Եթե a եւ b կետերը գտնվեն հասարակածի վրա, այսինքն, φ_a եւ φ_b հավասար լինեն 0-ի, γ անկյունը նույնպես հավասար կլինի 0-ի, որովհետեւ $\sin 0° = 0$: Դա նշանակում է, որ a եւ b կետերով անցնող միջօրեականները կլինեն միմյանց զուգահեռ: Այս մասնավոր դեպքում հասարակածի ուղղությամբ անցնող գծերը տարբեր կետերում կունենան միեւնույն ազիմուտը, իսկ գծի ուղիղ եւ հակադարձ ազիմուտները կտարբերվեն ճշգրտորեն 180°-ով: Մյուս բոլոր դեպքերում, օրինակ, mf գծի համար (նկ.1.21), որի կետերը չեն գտնվում հասարակածի վրա, գծի տարբեր կետերում չափված ազիմուտները հավասար չեն լինի միմյանց՝

$$A_{m\text{-}f} \neq A_{n\text{-}f} \neq A_{e\text{-}f} \neq A_{f\text{-}f'} :$$



Նկ.1.21

Որքան մեծ լինի m եւ f կետերի երկայնությունների տարբերությունը՝ Δλ-ն, այնքան մեծ կլինի այդ կետերում որոշված միեւնույն ուղղության ազիմուտների տարբերությունը:

Միջօրեականների ոչ զուգահեռ լինելը բերում է հաշվարկների բարդեցմանը: Այս դժվարությունը հաղթահարելու նպատակով ազիմուտային անկյունները փոխարինում են դիրեկցիոն անկյուններով:

1.11.3 Դիրեկցիոն անկյուններ

Այն տեղամասի վրա, որտեղ կատարվում են գեոդեզիական հանույթային աշխատանքները, միջօրեականներից մեկը ընդունում են որպես առանցքային միջօրեական եւ դրա նկատմամբ կատարում են բոլոր գծերի կողմնորոշումը: Այդ միջօրեականը առանցքային են անվանում, որովհետեւ կետերի հարթ ուղղանկյուն կոօրդինատները հաշվարկելու ժամանակ դրա ուղղությունը պետք է համընկնի x (աբսցիս) առանցքի հետ (§ 1.12):

Հայաստանի տարածքի համար որպես առանցքային ընդունվում է 45° երկայնություն ունեցող միջօրեականը:

Փոքր տարածքների վրա (մի քանի քառակուսի կիլոմետր) հանույթներ կատարելիս թույլատրվում է որպես առանցքային ընտրել ցանկացած միջօրեականը, որը հատում է տվյալ տեղամասը, կամ գտնվում է դրա մոտակայքում:

Մեծ մասամբ որպես առանցքային ընտրում են տեղամասի միջին մասով անցնող միջօրեականը:

Ի տարբերություն ազիմուտի, դիրեկցիոն անկյունը որոշում են ոչ թե գծի տվյալ կետով անցնող միջօրեականի նկատմամբ, այլ նույն կետում տարած առանցքային միջօրեականին զուգահեռ միջօրեականի նկատմամբ:

Այսպիսով, դիրեկցիոն անկյուն է կոչվում առանցքային միջօրեականի եւ գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի միջեւ եղած անկյունը: Այն հաշվում են հյուսիսից ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ եւ նշանակում են α տառով: Դիրեկցիոն անկյունները ազիմուտների պես փոփոխվում են 0°-ից մինչեւ 360°, սակայն ի տարբերություն ազիմուտների, դրանք միեւնույն գծի տարբեր կետերում մնում են անփոփոխ (նկ.1.22): Օրինակ՝ ab ուղղության դիրեկցիոն անկյունը a եւ b կետերում նույնն է եւ հավասար է α_{a-b}:

Գծի տվյալ կետում ազիմուտի եւ դիրեկցիոն անկյան տարբերությունը հավասար է այդ կետով անցնող իրական միջօրեականի եւ որպես առանցքային ընդունված միջօրեականի միջեւ եղած մերձեցման անկյանը՝ γ-ի (նկ.1.22)՝

$$A_{ab} - \alpha_{ab} = \gamma_a \qquad (1.10)$$

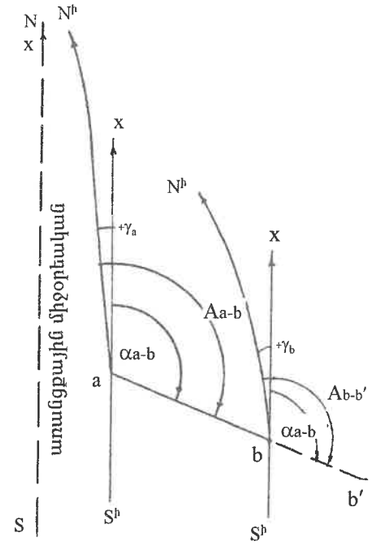
Եթե գիծը գտնվում է առանցքային միջօրեականից դեպի արեւելք, օրինակ, ab գիծը (նկ. 1.22), ապա, համաձայն բանաձեւի (1.10), γ անկյունը կունենա դրական նշան, եւ հակառակը՝ առանցքային միջօրեականից արեւմուտք գտնվող գծերի համար, օրինակ, mf, γ-ն կլինի բացասական (նկ.1.21):

Այսպիսով, ab գծի համար՝ $A_{ab} = \alpha_{ab} + \gamma_a$ եւ $\alpha_{ab} = A_{ab} - \gamma_a$, իսկ mf գծի համար՝ $A_{mf} = \alpha_{mf} - \gamma_m$ եւ $\alpha_{mf} = A_{mf} - \gamma_m$:

Հետեւաբար, գիտենալով գծի ազիմուտը եւ մերձեցման անկյան մեծությունը տվյալ կետում՝ կարելի է գտնել գծի դիրեկցիոն անկյունը:

Մերձեցման անկյան բացարձակ արժեքը աճում է, երբ կետերը հեռանում են առանցքային միջօրեականից եւ, երբ մեծանում է Δλ անկյունը: Սակայն միեւնույն Δλ-ի դեպքում մերձեցման անկյունը կախված է նաեւ այն զուգահեռականի φ լայնությունից, որի վրա գտնվում են կետերը: Օրինակ՝ Երեւանի համար, որի լայնությունը որոշակի կետում հավասար է φ = 40°13′, յուրաքանչյուր երկու կետերի համար, որոնք գտնվում են միեւնույն զուգահեռականների վրա եւ միմյանցից հեռացված են 1 կիլոմետրով, γ = 0.5′: Հետեւաբար, առանցքային միջօրեականից հեռանալու դեպքում յուրաքանչյուր 1 կիլոմետրից հետո մերձեցման անկյունը կաճի 0.5 րոպեով: Ենթադրվում է, որ կետերը հեռանում են առանցքային միջօրեականից զուգահեռականի ուղղությամբ:

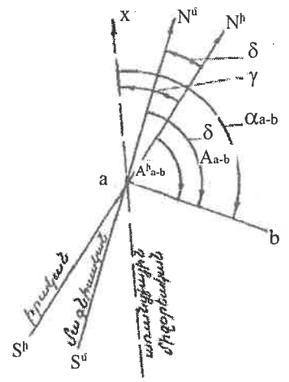
Դիրեկցիոն անկյունները վերածվում են դիրեկցիոն ռումբերի (1.6) բանաձեւերի օգնությամբ:



Նկ. 1.22

Դիրեկցիոն անկյունների հարմարությունը գեոդեզիական հաշվարկների ընթացքում պայմանավորված է հետեւյալով. ուղիղ դիրեկցիոն անկյունները տարբերվում են հակադարձ անկյուններից 180°-ով, միեւնույն գծի դիրեկցիոն անկյունը դրա տարբեր կետերում մնում է նույնը:

Բոլոր տեղագրական քարտեզների ներքեւի մասում բերվում են դրանց սահմաններում x առանցքի, իրական S^hN^h միջօրեականի եւ մագնիսական $S^մN^մ$ միջօրեականի փոխադարձ դասավորությունը: Տրվում են դրանց միջեւ կազմված միջին անկյունների արժեքները, որոնց միջոցով կարելի է ստանալ ցանկացած ab ուղղության դիրեկցիոն անկյունը (α), իրական (A^h) եւ մագնիսական ($A^մ$) ազիմուտների կապը (Նկ.1.23):



Նկ.1.23

Եթե քարտեզի վրա անմիջապես չափված է առանցքային միջօրեականից արեւմուտք գտնվող որեւէ ուղղության դիրեկցիոն անկյունը, օրինակ, $\alpha_{ab} = 120°15′$, $\gamma = -2°36′$ եւ $\delta = -1°15′$, ապա համաձայն գծագրի՝

$$A^h_{ab} = 120°15′ - 2°36′ = 117°39′,$$

$$A^\delta_{ab} = 117°39′ + 1°15′ = 118°54′$$

1.11.4 Հասկացողություն աստղագիտական ազիմուտի չափման մասին

Աստղագիտական ազիմուտների չափման մեթոդները նկարագրվում են աստղագիտական գործնական ձեռնարկներում: Կան ճշգրիտ մեթոդներ, որոնք ապահովում են բարձր ճշտություն (30″ եւ ավելի փոքր սխալներ): Մոտավոր մեթոդների ճշտությունը գնահատվում է 10′ սխալով:

Որեւէ գծի աստղագիտական ազիմուտի որոշելը վերածվում է, փաստորեն, այդ գծի որեւէ կետում աստղագիտական միջօրեականի ուղղության որոշմանը:

Առավել պարզ են հետեւյալ երկու եղանակները:

Առաջինը հիմնված է գնոմոն (արեւացույց) կոչվող սարքի օգտագործման վրա: Գնոմոնը իրենից ներկայացնում է հարթ հիմքի վրա ամրացված քառակուսի ձեւ ունեցող թուղթ, որի վրա գծված են համակենտրոն շրջանագծեր, եւ մեջտեղում տեղակայված է 10 սմ երկարություն ունեցող ասեղ: Գնոմոնը դրվում է գծի տվյալ կետում (0) հորիզոնական վիճակում այնպես, որ ասեղից ստացված ստվերը համի շրջանագծերը: Դիտումների ժամանակ նշում են ստվերի ծայրի եւ շրջանագծերի հատման կետերը կեսօրից առաջ եւ կեսօրից հետո: Միացնելով յուրաքանչյուր շրջանագծի վրա նշանակված կետերը լարերով եւ կիսելով այդ լարերը՝ ստանում են այն կետերը, որոնք կգտնվեն 0 կետով անցնող աստղագիտական միջօրեականի հարթության մեջ: Ստացված կետերով թղթի վրա տանում են ուղիղ գիծ եւ, ամրացնելով դրա ծայրերին երկու ասեղ, դրանց ուղղությամբ տեղամասի վրա նշահարում են A կետը: OA ուղղությունը կներկայացնի աստղագիտական միջօրեականի ուղղությունը:

Երկրորդ եղանակով միջօրեականի մոտավոր ուղղությունը որոշում են գիշերը Բեւեռային աստղի օգնությամբ: Այդ եղանակի էությունը կայանում է հետեւյալում: Բեւեռային աստղը, որը գտնվում է Փոքր արջի համաստեղության վերջում (պոչի մասում) շատ մոտ է երկրագնդի հյուսիսային բեւեռին, որով անցնում է աստղագիտական միջօրեականը: Քանի որ իրականում Բեւեռային աստղը հեռացված է բեւեռից 1°04′-ով, ապա առավել ճշգրիտ արդյունքներ հնարավոր է ստանալ այն դեպքում,երբ Բեւեռային աստղը կգտնվի տվյալ կետի միջօրեականի հարթության մեջ: Հայտնի է , որ այդ դեպքում Բեւեռային աստղը եւ Մեծ արջ համաստեղության ծայրի Բեննետուշ կոչվող աստղը դասավորված են լինում տվյալ A կետով անցնող ուղղածիգ հարթության մեջ: Ամրացնելով A կետում ազատ կախված ուղղալարը եւ հեռանալով կետից մոտ 10 մետր հեռավորության վրա, սպասում են մինչեւ այն պահը, երբ Մեծ արջի պոչը կգտնվի ամենացածր վիճակում, հորիզոնին մոտ: Տեղափոխվելով աջ եւ ձախ՝ գտնում են այն կետը, որից Բեւեռային աստղը եւ Բեննետուշը կհամընկնեն ուղղալարի հետ: Այն ուղիղը, որը կմիացնի նկարագրած եղանակով ստացված կետը A կետի հետ, ցույց կտա աստղագիտական միջօրեականի ուղղությունը: Այդ ուղղությունը նշվում է ցցիկներով:

Եթե մութ գիշեր է եւ ուղղալարը վատ է երեւում, անհրաժեշտ է այն պատել կավիճով եւ դրա հետեվում ջահ կախել:

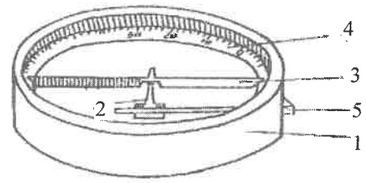
Բեւեռային աստղը եւ Բեննետուշը գտնվում են միեւնույն ուղղածիգ հարթության մեջ ամառվա ամիսների լուսադեմին, իսկ աշնանը՝ կեսգիշերին մոտ ժամերին:

Որոշելով աստղագիտական միջօրեականի ուղղությունը եւ չափելով այդ ուղղության մագնիսական ազիմուտը՝ կարելի է գտնել δ անկյան մեծությունը:

Ավելի ճշգրիտ արդյունքներ ստանալու համար դիմում են գործնական աստղագիտության կողմից մշակված գործիքային եղանակների:

1.11.5 Բուսոլ

Մագնիսական ազիմուտները եւ ռումբերը չափվում են բուսոլով (կողմնացույց-անկյունաչափով): Այն բաղկացած է հետեւյալ մասերից (նկ.1.24). պղնձե կլոր արկղիկից (1), որը ծածկված է ապակիով, արկղիկի կենտրոնում ամրացված ասեղից (2), մագնիսական սլաքից (3), որը կարող է ազատ պտտվել ասեղի վրա, աստիճանային բաժանքներ ունեցող օղակից (4): Տեղափոխման ժամանակ բուսոլի սլաքն անջատվում է դադարիչի (5) օգնությամբ:



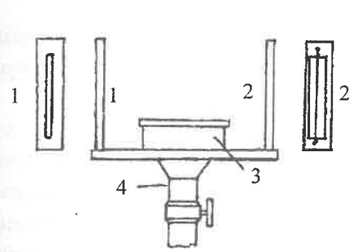
Նկ.1.24

Բուսոլի օղակի վրա բաժանքները համարակալվում են յուրաքանչյուր 10°-ից հետո ժամացույցի սլաքի շարժման հակառակ ուղղությամբ՝ 0°-ից մինչեւ 360°: Այդպիսի օղակը անվանում են ազիմուտային: Եթե օղակի վրա բաժանքները համարակալված են ըստ քառորդների, 0°-90° օղակը կոչվում է ռումբային:

Ներկա ժամանակ գեոդեզիական հանույթներ կատարելիս բուսոլը հիմնականում օգտագործվում է որպես օժանդակ գործիք: Այս դեպքում այն կցվում է թեոդոլիտին (§ 3.6) կամ մենզուլին (§ 10.1) որպես օժանդակ գործիք: Թեոդոլիտի վրա բուսոլը ամրացվում է դրա հենարաններից մեկի՝ վերեւի մասում արված բնիկի օգնությամբ (միայն ազիմուտները չափելու ընթացքում): Դա ունի նեղ, երկար տուփի ձեւ, առանց աստիճանային բաժանքների: Ազիմուտի չափումը կատարվում է թեոդոլիտի հորիզոնական շրջանի օգնությամբ:

Այն դեպքում, երբ բուսոլը օգտագործում են տեղագրական քարտեզները կողմնորոշելու համար, դրա կլոր արկղիկը ամրացվում է քառակուսի թիթեղի վրա (նկ.1.33):

Որոշ դեպքերում, երբ չի պահանջվում բարձր ճշտություն, տեղամասի ոչ մեծ մակերեսների հանույթը կարելի է կատարել բուսոլի օգնությամբ՝ ամրացնելով դրա արկղիկը թեթեւ կալանի վրա (նկ.1.25, 1.26):

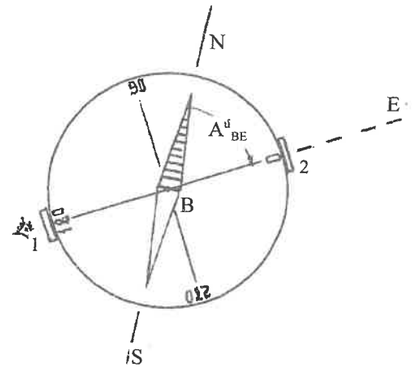


Նկ. 1.25



Նկ. 1.26

Որպես դիտոցային հարմարանք այս դեպքում ծառայում են դիօպտրները (նշանառուները): Դրանցից մեկը (1) կոչվում է աչքի դիօպտր եւ ունի նեղ ճեղքի ձեւ: Մյուսը՝ առարկայական դիօպտր է (2), դրա ճեղքն ավելի լայն է, եւ դրա մեջտեղում ձգված է բարակ լար: Աչքի եւ առարկայական դիօպտրներով տարած հարթությունը անցնում է բուսոլի օղակի վրա՝ 180° եւ 0° միացնող գծի ուղղությամբ (նկ.1.27):



Նկ. 1.27

Տեղամասի BE գծի ազիմուտը չափելու համար դրա B կետում կալանի օգնությամբ տեղակայում են բուսոլը, օղակի հարթությունը բերում են հորիզոնական վիճակի, դաղարիչի օգնությամբ մագնիսական սլաքը իջեցնում են ասեղի վրա եւ առարկայական դիօպտրը (2) ուղղում են E կետին: Այդ գործողության շնորհիվ աստիճանային օղակի 0-ն նույնպես ուղղված կլինի դեպի E կետը, իսկ մագնիսական սլաքի սեւացրած (հյուսիսային) ծայրը ուղղված կլինի դեպի հյուսիս եւ դրա դիմաց գտնվող աստիճանային բաժանքը կարտահայտի BE գծի $A^{մ}_{BE}$ մագնիսական ազիմուտը:

1.12 Հասկացողություն քարտեզներ կազմելու մասին

Աշխարհագրական կոօրդինատները միանշանակ որոշում են կետի դիրքը Երկրագնդի մակարդակային մակերեւույթի վրա: Դրանք հարմար են այն տեսակետից, որ կարող են տարածվել ամբողջ Երկրագնդի համար միեւնույն համակարգում: Աշխարհագրական կոօրդինատներից օգտվելու համար գնդի կամ էլիպսոիդի վրա անց են կացնում, սկսած հասարակածից, հավասար միջակայքով զուգահեռականներ եւ, սկսած զրոյական միջօրեականից՝ միջօրեականներ: Դրանք միասին վերցրած կազմում են աստիճանային ցանց, որը անվանում են աշխարհագրական ցանց: Որքան մոտ լինեն միմյանց նկատմամբ զուգահեռականները եւ միջօրեականները, այնքան խիտ կլինի ցանցը:

Քարտեզը կառուցելիս Երկրագնդի մակարդակային մակերեւույթը դրա վրա անցկացված աշխարհագրական ցանցի հետ միասին պրոյեկտում են գլոբուսից (Գեոիդի մոդելից) հարթության վրա որոշակի եղանակով:

Պրոյեկտման տարբեր եղանակները անվանում են քարտեզագրական պրոյեկցիաներ: Քանի որ առանց աղավաղումների գնդի կամ էլիպսոիդի մակերեւույթը հարթության վրա փռել հնարավոր չէ, ապա հարկ է լինում այդ մակերեւույթը, այսպես ասած, սեղմել կամ ձգել տարբեր ուղղություններով հարթության հետ համատեղելու համար: Այս պրոցեսի ընթացքում կետերի դիրքը մակարդակային մակերեւույթի վրա միմյանց նկատմամբ կաղավաղվի, որի շնորհիվ կաղավաղվեն գծերի երկարությունները եւ դրանցով կազմած անկյունները:

Յուրաքանչյուր քարտեզագրական պրոյեկցիան ենթարկվում է որոշակի մաթեմատիկական օրինաչափության եւ ունի իր բնորոշ հատկությունները:

Հարթության վրա կազմված զուգահեռականների եւ միջօրեականների ցանցը կոչվում է քարտեզագրական ցանց: Դա հիմք է հանդիսանում քարտեզի վրա դրա բովանդակության էլեմենտները տեղադրելու համար: Ցանցը ծառայում է առանձին վերցրած կետերի կամ տարածքների դիրքի որոշման համար եւ, միեւնույն ժամանակ, թույլ է տալիս հաշվի առնել ստացված աղավաղումները:

Քարտեզագրական ցանցի առավել նշանակությունը եւ արժեքը պայմանավորված է միջօրեականների եւ զուգահեռականների էությամբ. առաջինները ուղղված են հարավից դեպի հյուսիս, մյուսները՝ արեւմուտքից դեպի արեւելք: Այդ ուղղությունները կարող են որոշվել տեղանքում եւ ծառայում են քարտեզը կողմնորոշելու համար դրա հետ աշխատելու դեպքում:

Յուրաքանչյուր պրոյեկցիային համապատասխանում է որոշակի քարտեզագրական ցանց եւ որոշակի աղավաղումներ:

Քարտեզագրական պրոյեկցիաները աղավաղումների տեսակետից բաժանվում են երեք խնբի. կամայական, հավասարանկյունային եւ հավասարամեծ: Կամայական պրոյեկցիայով կառուցված քարտեզի վրա աղավաղված են լինում գծերի երկարությունները, անկյունները եւ մակերեսները:

Հավասարանկյունային պրոյեկցիան կիրառելու դեպքում աղավաղվում են գծերի երկարությունները եւ մակերեսների մեծությունները, իսկ անկյունները մնում են անփոփոխ գնդի մակերեւույթից հարթության վրա անցնելու ընթացքում: Այսպիսի պրոյեկցիայով կառուցված քարտեզի վրա դրա մասշտաբը փոփոխվում է միայն մի կետից մյուսին անցնելու դեպքում: Միեւնույն կետից դուրս եկող բոլոր ուղղություններով մասշտաբը փոքր տարածության վրա մնում է նույնը:

Հավասարամեծ պրոյեկցիաները տարբերվում են նրանով, որ այդ պրոյեկցիաներով կառուցված քարտեզի վրա աղավաղվում են գծերի երկարությունները եւ անկյունները, իսկ մակերեսների մեծությունները քարտեզի տարբեր մասերում փոքրացվում են միեւնույն անգամ (միեւնույն մասշտաբով), սակայն չի պահպանվում դրանց նմանությունը:

Քանի որ գնդի մակերեւույթը չի փռվում հարթության վրա, ուստի հնարավոր չէ ստեղծել պրոյեկցիա, որը լինի միաժամանակ եւ՛ հավասարանկյունային, եւ՛ հավասարամեծ:

Ասվածից բխում է, որ աշխարհագրական քարտեզի մասշտաբը փոփոխական է: Քարտեզի վրա գրվում է այն մասշտաբը, որն անվանում են քարտեզի գլխավոր կամ ընդհանուր մասշտաբ: Այս մասշտաբը տվյալ պրոյեկցիայի համար քարտեզի որոշակի տեղերում մնում է անփոփոխ: Քարտեզի մնացած մասերում մասշտաբները, ի տարբերություն գլխավորի, անվանում են մասնավոր կամ մասնակի:

Քարտեզները կարելի է տարբերել մի շարք հատկանիշներով՝ իրենց նշանակությամբ, արտահայտվող տարածքի չափերով, մասշտաբով եւ այլն: Ըստ իրենց նշանակության բոլոր գոյություն ունեցող քարտեզները բաժանվում են ընդհանուր աշխարհագրական քարտեզների եւ թեմատիկ քարտեզների: Ընդհանուր աշխարհագրական քարտեզների վրա արտահայտվում է Երկրագնդի ֆիզիկական մակերեւույթը իր ռելիեֆով, բուսականությամբ, ջրային տարածքներով, բնակավայրերով, ճանապարհներով, սահմանային գծերով եւ այլն: Այդ քարտեզները օգտագործվում են թեմատիկ քարտեզներ ստեղծելիս: Վերջինները բաժանվում են երկու հիմնական դասի: Առաջին դասին պատկանում են բնական երեւույթները՝ ֆիզիկաաշխարհագրական, երկրաբանական, գեոդեզիական, հիդրոլոգիական, կլիմայական քարտեզների: Երկրորդ խմբին՝ հասարակական երեւույթների, քաղաքական-վարչական, էկոլոգիական, պատմության եւ այլն:

Աշխարհագրական քարտեզների կանոնավորված ժողովածուն, որը իրականացված է մի ընդհանուր ծրագրով եւ ներկայացնում է ամբողջական աշխատություն, կոչվում է աշխարհագրական քարտեզագիրք (ատլաս):

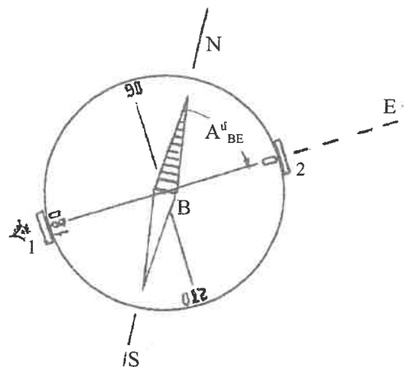
Կախված դրանից, թե ինչ մասշտաբով եւ ինչ մանրամասնությամբ են կազմված աշխարհագրական քարտեզները, դրանք բաժանվում են տեսադաշտային, որոնց մասշտաբը մանր է 1:1000000-ից, եւ տեղագրական քարտեզների:

Այն քարտեզները, որոնք կազմվում են 1:5000000-ից ավելի մանր մասշտաբներով, ընդգրկում են մեծ տարածքներ եւ կարող են ունենալ մեծ չափեր (մի քանի մետր քառակուսի): Աղավաղումների մասին բերված դատողությունները վերաբերում են հենց այդ քարտեզներին:

1.12.1 Տեղագրական քարտեզներ եւ դրանց կառուցման սկզբունքը

Տեղագրական քարտեզները, որոնց մասշտաբը 1:1000000-ից խոշոր է, տարածքի մանրամասն քարտեզներ են եւ թույլ են տալիս որոշելու թե՛ կետերի հատակագծային դրությունը, եւ թե՛ դրանց բացարձակ բարձրությունները: Այդ քարտեզների վրա կարելի է որոշել կետերի միջեւ հեռավորությունները, եզրագծերով սահմանափակված մակերեսները, գծերի ուղղությունները, հնարավոր է նաեւ լուծել տարբեր ճարտարագիտական խնդիրներ, պրոյեկտել ջրանցքներ, ճանապարհներ եւ այլն:

Տեղագրական քարտեզների վրա աղավաղումները չեն գերազանցում մասշտաբի սահմանային ճշտությանը (§ 1.9), որը ամբողջ քարտեզի վրա մնում է նույնը: Քարտեզի մասշտաբով պայմանա-



Նկ. 1.27

Տեղամասի BE գծի ազիմուտը չափելու համար դրա B կետում կալանի օգնությամբ տեղակայում են բուսոլը, օղակի հարթությունը բերում են հորիզոնական վիճակի, դաղարիչի օգնությամբ մագնիսական սլաքը իջեցնում են ասեղի վրա եւ առարկայական դիօպտրը (2) ուղղում են E կետին: Այդ գործողության շնորհիվ աստիճանային օղակի 0-ն նույնպես ուղղված կլինի դեպի E կետը, իսկ մագնիսական սլաքի սեւացրած (հյուսիսային) ծայրը ուղղված կլինի դեպի հյուսիս եւ դրա դիմաց գտնվող աստիճանային բաժանքը կարտահայտի BE գծի $A^{մ}_{BE}$ մագնիսական ազիմուտը:

1.12 Հասկացողություն քարտեզներ կազմելու մասին

Աշխարհագրական կոօրդինատները միանշանակ որոշում են կետի դիրքը Երկրագնդի մակարդակային մակերեւույթի վրա: Դրանք հարմար են այն տեսակետից, որ կարող են տարածվել ամբողջ Երկրագնդի համար միեւնույն համակարգում: Աշխարհագրական կոօրդինատներից օգտվելու համար գնդի կամ էլիպսոիդի վրա անց են կացնում, սկսած հասարակածից, հավասար միջակայքով զուգահեռականներ եւ, սկսած զրոյական միջօրեականից՝ միջօրեականներ: Դրանք միասին վերցրած կազմում են աստիճանային ցանց, որը անվանում են աշխարհագրական ցանց: Որքան մոտ լինեն միմյանց նկատմամբ զուգահեռականները եւ միջօրեականները, այնքան խիտ կլինի ցանցը:

Քարտեզը կառուցելիս Երկրագնդի մակարդակային մակերեւույթը դրա վրա անցկացված աշխարհագրական ցանցի հետ միասին պրոյեկտում են գլոբուսից (Գեոիդի մոդելից) հարթության վրա որոշակի եղանակով:

Պրոյեկտման տարբեր եղանակները անվանում են քարտեզագրական պրոյեկցիաներ: Քանի որ առանց աղավաղումների գնդի կամ էլիպսոիդի մակերեւույթը հարթության վրա փռել հնարավոր չէ, ապա հարկ է լինում այդ մակերեւույթը, այսպես ասած, սեղմել կամ ձգել տարբեր ուղղություններով հարթության հետ համատեղելու համար: Այս պրոցեսի ընթացքում կետերի դիրքը մակարդակային մակերեւույթի վրա միմյանց նկատմամբ կաղավաղվի, որի շնորհիվ կաղավաղվեն գծերի երկարությունները եւ դրանցով կազմած անկյունները:

Յուրաքանչյուր քարտեզագրական պրոյեկցիան ենթարկվում է որոշակի մաթեմատիկական օրինաչափության եւ ունի իր բնորոշ հատկությունները:

Հարթության վրա կազմված զուգահեռականների եւ միջօրեականների ցանցը կոչվում է քարտեզագրական ցանց: Դա հիմք է հանդիսանում քարտեզի վրա դրա բովանդակության էլեմենտները տեղադրելու համար: Ցանցը ծառայում է առանձին վերցրած կետերի կամ տարածքների դիրքի որոշման համար եւ, միեւնույն ժամանակ, թույլ է տալիս հաշվի առնել ստացված աղավաղումները:

Քարտեզագրական ցանցի առավել նշանակությունը եւ արժեքը պայմանավորված է միջօրեականների եւ զուգահեռականների էությամբ. առաջինները ուղղված են հարավից դեպի հյուսիս, մյուսները՝ արեւմուտքից դեպի արեւելք: Այդ ուղղությունները կարող են որոշվել տեղանքում եւ ծառայում են քարտեզը կողմնորոշելու համար դրա հետ աշխատելու դեպքում:

Յուրաքանչյուր պրոյեկցիային համապատասխանում է որոշակի քարտեզագրական ցանց եւ որոշակի աղավաղումներ:

Քարտեզագրական պրոյեկցիաները աղավաղումների տեսակետից բաժանվում են երեք խմբի. կամայական, հավասարանկյունային եւ հավասարամեծ: Կամայական պրոյեկցիայով կառուցված քարտեզի վրա աղավաղված են լինում գծերի երկարությունները, անկյունները եւ մակերեսները:

Հավասարանկյունային պրոյեկցիան կիրառելու դեպքում աղավաղվում են գծերի երկարությունները եւ մակերեսների մեծությունները, իսկ անկյունները մնում են անփոփոխ գնդի մակերեւույթից հարթության վրա անցնելու ընթացքում: Այսպիսի պրոյեկցիայով կառուցված քարտեզի վրա դրա մասշտաբը փոփոխվում է միայն մի կետից մյուսին անցնելու դեպքում: Միեւնույն կետից դուրս եկող բոլոր ուղղություններով մասշտաբը փոքր տարածության վրա մնում է նույնը:

Հավասարամեծ պրոյեկցիաները տարբերվում են նրանով, որ այդ պրոյեկցիաներով կառուցված քարտեզի վրա աղավաղվում են գծերի երկարությունները եւ անկյունները, իսկ մակերեսների մեծությունները քարտեզի տարբեր մասերում փոքրացվում են միեւնույն անգամ (միեւնույն մասշտաբով), սակայն չի պահպանվում դրանց նմանությունը:

Քանի որ գնդի մակերեւույթը չի փռվում հարթության վրա, ուստի հնարավոր չէ ստեղծել պրոյեկցիա, որը լինի միաժամանակ եւ՛ հավասարանկյունային, եւ՛ հավասարամեծ:

Ասվածից բխում է, որ աշխարհագրական քարտեզի մասշտաբը փոփոխական է: Քարտեզի վրա գրվում է այն մասշտաբը, որն անվանում են քարտեզի գլխավոր կամ ընդհանուր մասշտաբ: Այս մասշտաբը տվյալ պրոյեկցիայի համար քարտեզի որոշակի տեղերում մնում է անփոփոխ: Քարտեզի մնացած մասերում մասշտաբները, ի տարբերություն գլխավորի, անվանում են մասնավոր կամ մասնակի:

Քարտեզները կարելի է տարբերել մի շարք հատկանիշներով՝ իրենց նշանակությամբ, արտահայտվող տարածքի չափերով, մասշտաբով եւ այլն: Ըստ իրենց նշանակության բոլոր գոյություն ունեցող քարտեզները բաժանվում են ընդհանուր աշխարհագրական քարտեզների եւ թեմատիկ քարտեզների: Ընդհանուր աշխարհագրական քարտեզների վրա արտահայտվում է Երկրագնդի ֆիզիկական մակերեւույթը իր ռելիեֆով, բուսականությամբ, ջրային տարածքներով, բնակավայրերով, ճանապարհներով, սահմանային գծերով եւ այլն: Այդ քարտեզները օգտագործվում են թեմատիկ քարտեզներ ստեղծելիս: Վերջինները բաժանվում են երկու հիմնական դասի: Առաջին դասին պատկանում են բնական երեւույթները՝ ֆիզիկաաշխարհագրական, երկրաբանական, գեոդեզիական, հիդրոլոգիական, կլիմայական քարտեզների: Երկրորդ խմբին՝ հասարակական երեւույթների, քաղաքական-վարչական, էկոլոգիական, պատմության եւ այլն:

Աշխարհագրական քարտեզների կանոնավորված ժողովածուն, որը իրականացված է մի ընդհանուր ծրագրով եւ ներկայացնում է ամբողջական աշխատություն, կոչվում է աշխարհագրական քարտեզագիրք (ատլաս):

Կախված դրանից, թե ինչ մասշտաբով եւ ինչ մանրամասնությամբ են կազմված աշխարհագրական քարտեզները, դրանք բաժանվում են տեսադաշտային, որոնց մասշտաբը մանր է 1:1000000-ից, եւ տեղագրական քարտեզների:

Այն քարտեզները, որոնք կազմվում են 1:5000000-ից ավելի մանր մասշտաբներով, ընդգրկում են մեծ տարածքներ եւ կարող են ունենալ մեծ չափեր (մի քանի մետր քառակուսի): Աղավաղումների մասին բերված դատողությունները վերաբերում են հենց այդ քարտեզներին:

1.12.1 Տեղագրական քարտեզներ եւ դրանց կառուցման սկզբունքը

Տեղագրական քարտեզները, որոնց մասշտաբը 1:1000000-ից խոշոր է, տարածքի մանրամասն քարտեզներ են եւ թույլ են տալիս որոշելու թե՛ կետերի հատակագծային դրությունը, եւ թե՛ դրանց բացարձակ բարձրությունները: Այդ քարտեզների վրա կարելի է որոշել կետերի միջեւ հեռավորությունները, եզրագծերով սահմանափակված մակերեսները, գծերի ուղղությունները, հնարավոր է նաեւ լուծել տարբեր ճարտարագիտական խնդիրներ, պրոյեկտել ջրանցքներ, ճանապարհներ եւ այլն:

Տեղագրական քարտեզների վրա աղավաղումները չեն գերազանցում մասշտաբի սահմանային ճշտությանը (§ 1.9), որը ամբողջ քարտեզի վրա մնում է նույնը: Քարտեզի մասշտաբով պայմանա-

վորված է լինում դրա բովանդակությունը եւ կիրառման հնարավորությունները: Որքան խոշոր է մասշտաբը, այնքան ավելի մանրամասնորեն է արտահայտվում տեղամասի իրադրությունը:

Տեղագրական քարտեզները պայմանականորեն բաժանվում են մանր մասշտաբային (1:1000000, 1:500000, 1:300000), միջին մասշտաբային (1:200000, 1:100000) եւ խոշոր մասշտաբային (1:50000, 1:25000, 1:10000, 1:5000) քարտեզների: Բոլոր այդ քարտեզները բազմաթերթային են: Ամբողջ Երկրագնդի մակերեւույթը պատկերվում է բազմաթիվ թերթերի վրա, որոնցից ամեն մեկը ունի 40 կամ 50 սմ կողմեր ունեցող քառակուսուն մոտ չափեր, ինչը հարմար է օգտագործման համար:

Քարտեզի յուրաքանչյուր թերթը իրենից ներկայացնում է տվյալ տեղամասի հարթ պատկերը եւ սահմանափակված է արեւելքում եւ արեւմուտքում միջօրեականներով, իսկ հյուսիսում եւ հարավում՝ զուգահեռականներով: Յուրաքանչյուր քարտեզի սահմաններում գործնականորեն պահպանվում է միեւնույն մասշտաբը եւ տեղանքի եզրագծերի հորիզոնական պրոյեկցիաների նմանությունը:

Նշված դրական կողմերի հետ միաժամանակ բազմաթերթային քարտեզները ունեն նաեւ թերություններ՝ դրանք հնարավորություն չեն տալիս արտահայտել միասնական գծագրի ձեւով ո՛չ ամբողջ Երկրագունդը, ո՛չ էլ դրա զգալի չափեր ունեցող մասերը:

Ինչպե՞ս են կառուցվում տեղագրական քարտեզները: Ինչպիսի՞ պրոյեկցիա է կիրառվում կառուցման համար:

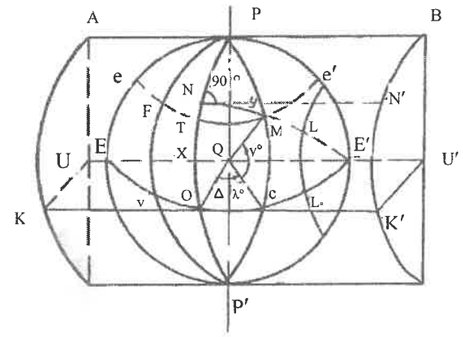
Աշխարհագրական (գեոդեզիական) կոորդինատները, ինչպես նշվել էր, հարմար են նրանով, որ դրանք կարող են տարածվել Երկրագնդի ամբողջ մակերեւույթի վրա: Սակայն գործնականում դրա հետ մեկտեղ այդ կոորդինատների կիրառումը այնքան էլ հեշտ չէ, այն պահանջում է բարդ հաշվարկներ: Այստեղից առաջացել է անհրաժեշտություն ընտրել այնպիսի կոորդինատային համակարգ, որը ավելի պարզ ու հարմար լինի բոլոր տեսակի գեոդեզիական աշխատանքներում կիրառելու համար: Այդ պայմաններին բավարարում է հարթ ուղղանկյուն կոորդինատային համակարգը: Իսկ խնդիրը հնարավոր եղավ լուծել, կիրառելով այնպիսի քարտեզագրական պրոյեկցիա, որը պահպանի անկյունները՝ աղավաղելով հատվածները եւ մակերեսը: Այդ պրոյեկցիան կոչվում է Գաուսի կոնֆորմ պրոյեկցիա:

Հայտնի գերմանացի գիտնական Գաուսը տեսականորեն հիմնավորել է պրոյեկցիան 1825 թվականին, սակայն դրա կիրառությունը գեոդեզիայում սկսվել է 1912 թվականիից հետո, երբ Կրյուգերը կիրառեց Գաուսի տեսությունը էլիպսոիդի մակերեւույթը հարթության վրա արտահայտելու համար: Այդ պրոյեկցիան հաճախ անվանում են Գաուս-Կրյուգերի պրոյեկցիա:

1.12.2. Սֆերիկ ուղղանկյուն կոորդինատներ

Մինչեւ Գաուսի պրոյեկցիայի ուսումնասիրությանն անցնելը ծանոթանանք հետեւյալ հասկացողության հետ՝ գծային ուղղանկյուն կոորդինատներ գնդի վրա, կամ սֆերիկ ուղղանկյուն կոորդինատներ հասկացողության հետ: Ուղղանկյուն գծային կոորդինատների համակարգում կետի դիրքը որեւէ մակերեւույթի կամ հարթության վրա բնորոշվում է այդ կետից միմյանց երկու փոխուղղահայաց գծերը եղած հեռավորություններով՝ X եւ Y կոորդինատներով: Այդ գծերը անվանում են կոորդինատային առանցքներ եւ նշանակվում են X (աբսցիսի առանցք) եւ Y (օրդինատի առանցք):

Երկրագնդի մակարդակային մակերեւույթի վրա որպես աբսցիսի առանցք ընտրում են միջօրեականներից որեւէ մեկը, անվանելով այն առանցքային միջօրեական, օրինակ, P′OP միջօրեականը (նկ. 1.28): Որպես օրդինատների առանցք վերցնում են հասարակածը՝ EOE′-ը, որն ուղղահայաց է առանց-



Նկ. 1.28

քային միջօրեականին եւ մնացած բոլոր միջօրեականներին: Այդ համակարգի սկզբնակետը գտնվում է O կետում (հասարակածի եւ առանցքային միջօրեականի հատման կետում):

Եթե Երկրագնդի վրա M կետով տարվի E′MN մեծ շրջանի աղեղը այնպես, որ դրա հարթությունը լինի առանցքային միջօրեականին ուղղահայաց, ապա այդ շրջանի MN աղեղը կլինի ուղղահայաց առանցքային միջօրեականի ON աղեղին եւ կներկայացնի M կետի օրդինատը՝ Y-ը, ON հատվածը կներկայացնի M կետի աբսցիսը՝ X-ը: Այսպիսով, Երկրագնդի մակարդակային մակերեւույթի վրա ցանկացած կետի համար հնարավոր կլինի ստանալ այդ կետի գնդածեւ ուղղանկյան կոորդինատները՝ X եւ Y, որոնք արտահայտված կլինեն գծային մեծություններով: Դրանք որոշվում են հետեւյալ ճանապարհով:

Եթե հայտնի լինի M կետի լայնությունը՝ φ°-ն, եւ դրա երկայնությունը առանցքային միջօրեականի նկատմամբ՝ Δλ°-ն, ապա կարելի է հաշվարկել X° եւ Y° հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$tgX° = tgφ°\cdot secΔλ°, \quad sinY° = cosφ°\cdot sinΔλ° \qquad (1.11)$$

Այս բանաձեւերով, որոնք բերվում են քարտեզագրական ձեռնարկներում, X° եւ Y° կոորդինատները արտահայտված են աստիճաններով: X° = ON եւ Y° = NM աղեղների երկարությունները կիլոմետրերով որոշվում են հետեւյալ պարզ բանաձեւերով՝

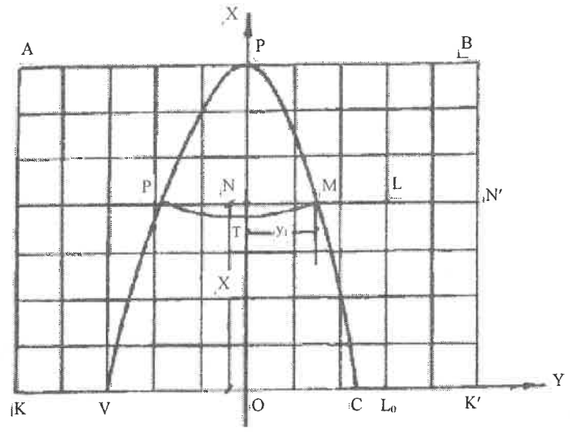
$$X = \frac{\pi R}{180°}\cdot X°, \quad Y = \frac{\pi R}{180°}\cdot Y°, \qquad (1.12)$$

որտեղ R = 6371 կմ:

1.12.3. Գաուսի պրոյեկցիան

Այժմ տեսնենք, թե ինչպես կարելի է նկարագրված կոորդինատային գծերը գնդի վրայից տեղափոխել հարթության վրա: Ըստ Գաուսի դա արվում է հետեւյալ ձեւով: Ենթադրում են, որ գնդի վրա հագցրած է գլան այնպես, որ դա շոշափի գնդի մակերեւույթը P′OP առանցքային միջօրեականով: Գծագրի վրա (նկ. 1.28) ցույց է տրված թափանցիկ գլանի կեսը: Գլանի առանցքը՝ UU′-ը, գտնվում է հասարակածի հարթության մեջ, անցնում է գնդի Q կենտրոնով եւ ուղղահայաց է առանցքային միջօրեականի հարթությանը: Գնդի վրա գտնվող բոլոր անհրաժեշտ կետերը եւ գծերը պրոյեկտվում են գլանի մակերեւույթի վրա այնպես, որ պահպանվի նմանության պայմանը: Դա նշանակում է, որ տվյալ կետից դուրս եկող ուղղությունների միջեւ անկյունների մեծությունները գնդի վրա գլանի վրա մնում են նույնը: Այդպիսի պրոյեկցիան անվանում են կոնֆորմ կամ հավասարանկյունային:

Այնուհետեւ գլանը կտրում են AB ծնիչով, որն անցնում է P բեւեռով, եւ փռում են այնպես, որ ստացվի հարթություն (նկ.1.29): Արդյունքում ստացվում է, որ գնդի մակերեւույթը արտահայտվում է հարթության վրա Գաուսի հավասարանկյունային լայնական գլանական պրոյեկցիայում: Գլանի առանցքը՝ UU′-ը, ուղղահայաց է գնդի PP′ պտտման առանցքին (նկ.1.28):



Նկ. 1.29

Այդպիսի մեթոդով պրոյեկտումը իրագործելիս առանցքային միջօրեականը (X առանցքը) ստացվում է ուղիղ գծի տեսքով եւ չի փոփոխում իր երկարությունը: Հասարակածը՝ EOE′ (Y առանցքը), նույնպես կլինի ուղիղ գիծ՝ KK′ եւ ուղղահայաց կլինի X առանցքին: Ուղիղ գծերով կարտահայտվեն առանցքային միջօրեականին ուղղահայաց մեծ շրջանների աղեղները, օրինակ, E′MN գիծը (նկ.1.28) կարտահայտվի N′N գծով (նկ.1.29): Եւ, վերջապես, ուղիղ գծեր կներկայացնեն նաեւ այն փոքր շրջանների աղեղները (LL_0), որոնց հարթությունները զուգահեռ են առանցքային միջօրեականի POP′ հարթությանը:

Բացի առանցքային միջօրեականից, բոլոր մնացած միջօրեականները, օրինակ, P′CMP (նկ.1.28) կստացվեն կոր CMP գծերի ձեւով (նկ.1.29):

Բացի հասարակածից բոլոր զուգահեռականները, օրինակ, eFTMe′ (նկ.1.28) կստացվեն կոր FTM (նկ.1.29) գծերի տեսքով, եւ դրանց ուռուցիկությունը ուղղված կլինի դեպի հասարակածը:

M կետի աբսցիսը՝ X=ON աղեղը, գնդից հարթության վրա տեղափոխում են առանց աղավաղելու, իսկ օրդինատը՝ Y=MN, որոշ չափով երկարացնում են, որպեսզի պահպանվի կոնֆորմության պայմանը: Չէ որ գնդի վրա MC աղեղը հարթության վրա կստացվի ավելի երկար, այսինքն, կծգվի, ուստի անհրաժեշտ կլինի երկարացնել նաեւ MN հատվածը: Գնդի վրա M կետը գտնվում է E′MN մեծ շրջանի վրա, որը հատվում է հասարակածի հարթության հետ, իսկ պրոյեկցիայի վրա M կետը N′N ուղղի վրա է, որը զուգահեռ է հասարակածին: Այսպիսով, N կետից X առանցքին ուղղահայաց տե-

ղաղրում են որպես M կետի օրդինատ ոչ թե Y մեծությունը (նկ.1.28), այլ Y_1-ը (նկ.1.29), որը հաշվում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$Y_1 = Y\left(1+\frac{Y^2}{6R^2}\right) \qquad (1.13)$$

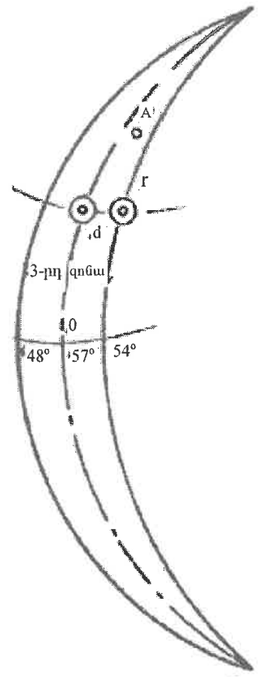
Արդյունքում կստացվի մասշտաբի աղավաղում, որն այնքան մեծ կլինի, որքան M կետը հեռու լինի առանցքային միջօրեականից:

Այսպիսով, հեռավորությունների աղավաղումը հարթության վրա անցնելիս Գաուսի պրոյեկցիայում կապված է արտահայտման մասշտաբ հասկացողության հետ:

Քարտեզագրական պրոյեկցիայի արտահայտման մասշտաբ է համարվում հետեւյալ արտահայտությունը՝

$$m = \frac{DR}{dr} = 1+\frac{Y_\delta^2}{2R^2}, \qquad (1.14)$$

որտեղ dr-ը անսահման փոքր հատված է գնդի վրա (նկ.1.30ա), իսկ DR-ը նույն հատվածի երկա



Նկ. 1.30ա

րությունն է հարթության վրա (պրոյեկցիայում, նկ.1.30բ):

Y_δ-ն հատվածի միջին կետի մոտավոր օրդինատն է՝

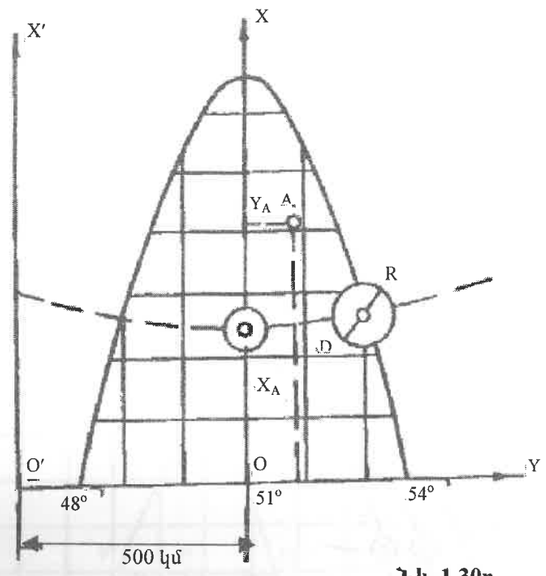
$$Y_\delta = \frac{Y_1 + Y_2}{2}$$

Ինչպես տեսնում ենք, գնդի մի կետից մյուսին անցնելիս m-ի արժեքը փոփոխվում է: Գնդի որեւէ dr հատվածի երկարությունը հարթության վրա ստանալու համար (1.14) բանաձեւից կարող ենք գրել՝

$$DR = dr \cdot m = dr\left(1+\frac{Y_\delta^2}{2R^2}\right), \quad \text{կամ}$$

$$DR = dr + dr \cdot \frac{Y_\delta^2}{2R^2},$$

որտեղ՝ $dr \cdot \frac{Y_\delta^2}{2R^2}$ մեծությունը այն ուղղումն է (ռեդուկցիան), որն անհրաժեշտ է գումարել գնդի վրա գտնվող հատվածի երկարությանը այն հարթության վրա տեղափոխելու համար Գաուսի պրոյեկ-



Նկ. 1.30բ

ցիայում:

Երբ գեոդեզիական գծային չափումները կատարվում են այնպիսի տեղամասերի վրա , որոնք հեռացված են առանցքային միջօրեականից ավելի քան 100 կիլոմետրով, ապա այդ գծերը Գաուսի պրոյեկցիայի վրա տեղափոխելու համար անհրաժեշտ կլինի հատվածների երկարության մեջ մտցնել ուղղում: Օրինակ՝ եթե չափված հատվածի երկարությունը եղել է 1800.0 մ, իսկ $Y_\delta = 200$ կմ, ապա Գաուսի պրոյեկցիայում հատվածը կունենա հետեւյալ երկարությունը՝ $1800.0 + 1800.0 \cdot \frac{1}{2000} = 1800.9$ մ:

Ինչպես նշվել է, Գաուսի պրոյեկցիան կոնֆորմ է (հավասարանկյունային): Դա նշանակում է, որ եթե գնդի վրա տարբեր մասերում վերցնենք շրջանի ձեւ ունեցող հավասար մակերեսներ, ապա դրանք հարթության վրա Գաուսի պրոյեկցիայում նույնպես կունենան շրջանի ձեւ, սակայն այդ շրջանների տրամագծերը ավելի մեծ կլինեն, այսինքն, տեղի կունենա չափերի աղավաղում: Առանցքային միջօրեականի վրա աղավաղումները զրո են, որովհետեւ $Y_\delta = 0$, իսկ առանցքային միջօրեականից հեռանալիս դրանք աճում են:

Հայտնի է, որ նման մակերեսների հարաբերությունը հավասար է նման կողմերի քառակուսիների հարաբերությանը՝ $\frac{P_q}{P} = \frac{(DR)^2}{(dr)^2}$:

Օգտվելով այս հարաբերությունից՝ կարելի է ստանալ այն ուղղումը, որը անհրաժեշտ է մտցնել գնդի վրա գտնվող մակերեսի մեծության մեջ դրան հարթության վրա տեղափոխելիս՝

$$\Delta P = 2P(m-1), \qquad (1.15)$$

որտեղ ΔP-ն ուղղումն է, իսկ P-ն մակերեսի մեծությունը գնդի վրա: Եթե $P = 1000$ հա, ապա $Y_\delta = 100$ կմ-ի դեպքում կունենանք $\Delta P = 0.98$ հա:

Բերված բանաձեւերը համապատասխանում են այն դեպքին, երբ Գեոիդի մակերեւույթը ընդունված է որպես գունդ: Սակայն մենք գիտենք, որ դա ավելի մոտ է էլիպսոիդին, բայց այս դեպքում բանաձեւերը բարդանում են:

Այսպիսով, կարելի է ասել, որ Գաուսի քարտեզագրական պրոյեկցիայի դրական կողմը կայանում է նրանում, որ գնդի վրա վերցրած եզրագծերի ձեւը քարտեզի վրա չի փոխում իր տեսքը : Սակայն դրա հետ մեկտեղ բացասականը այն է, որ փոխվում են գծերի երկարությունները եւ մակերեսների մեծությունները:

Քանի որ աղավաղումները աճում են, երբ կետերը հեռանում են առանցքային միջօրեականից, ապա դա ստիպում է սահմանափակել գնդի այն մակերեսը, որը պետք է փռվի հարթության վրա Գաուսի պրոյեկցիայում: Այդ սահմանափակումը կատարվում է այնպես, որ ստացվող աղավաղումները ավելի փոքր լինեն դաշտային չափումների ժամանակ թույլ տրված սխալներից: Աղյուսակում 1.3) բերված են գծերի երկարությունների հարաբերական սխալները, կախված դրանց հեռավորությունից առանցքային միջօրեականից: Մակերեսների հարաբերական սխալները բերված են (1.4) աղյուսակում:

Աղյուսակ 1.3

Y_δ կմ	50	100	150	200	250
Հարաբերական սխալը	1:32000	1:8000	1:3500	1:2010	1:1300

Աղյուսակ 1.4

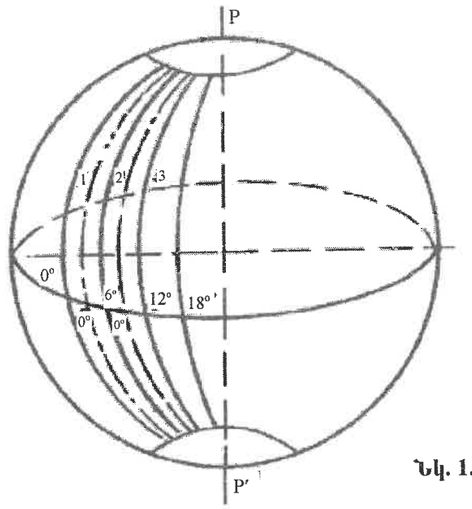
Y_δ կմ	50	100	150	200	250
Հարաբերական սխալը	1:16200	1:4100	1:1800	1:1020	1:650

Երբ $Y = 200$ կմ, $\frac{Y^2}{2R^2} = \frac{1}{2000}$, ուստի, եթե գծային չափումների ճշտությունը չի գերազանցում բերված $\frac{1}{2000}$ հարաբերական սխալը, ուղղումը չի մտցվում:

Ինչպես տեսնում ենք, ռեդուկցիան միշտ ունի դրական նշան, այսինքն, գծի երկարությունը պրոյեկցիայի վրա միշտ ավելի մեծ է, քան այդ գծի երկարությունն է գնդի վրա:

12.4 Գաուսի պրոյեկցիայի օգտագործումը տեղագրական քարտեզներ ստեղծելու համար

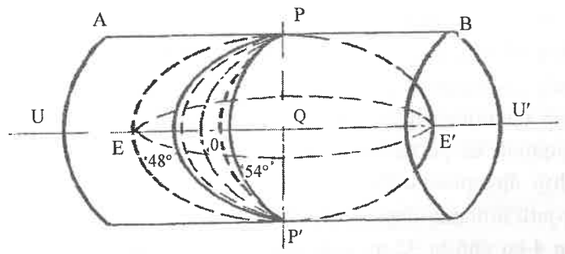
Ամբողջ Երկրագունդը Գաուսի պրոյեկցիայում արտահայտելու համար վարվում են հետեւյալ կերպ: Սկսած Գրինվիչի միջօրեականից էլիպսոիդի մակերեւույթը բաժանում են միջօրեականների գնությամբ զոնաների, որոնց մեծությունը ըստ երկայնության վերցնում են հավասար կամ 6°, կամ 3° (արեւան միջօրեականների երկայնությունների տարբերությունը): Ստացվում են երկանկյունիներ, որոնց գագաթները դասավորված են բեւեռներում: Զոնաները համարակալվում են արաբական թվերով (1-60), սկսած Գրինվիչի միջօրեականից դեպի արեւելք (նկ.1.31ա): Հետեւաբար, 1-ին զոնան գտնվի 0° եւ 6° երկայնություն ունեցող միջօրեականների միջեւ, երկրորդը՝ 6° եւ 12° եւ այլն: Նախկին Միությունը գտնվում էր 4-ից մինչեւ 32-րդ զոնաներում, իսկ Հայաստանը գտնվում է 8-րդ զոնայում՝ 42° եւ 48° երկայնություն ունեցող միջօրեականների միջեւ: Յուրաքանչյուր զոնայում որպես X առանցք ընդունվում է զոնայի միջին միջօրեականը, ուստի առանցքային միջօրեականները կունենան հետեւյալ երկայնությունները՝ 3° (առաջին զոնայում), 9° (երկրորդ զոնայում): Երրորդ զոնայի առանցքային միջօրեականի երկայնությունը կլինի հավասար $3°+2 \cdot 6°=15°$: Գծագրի վրա (նկ.1.30ա,1.30բ) այս է տրված 9-րդ զոնան, որի առանցքային միջօրեականի երկայնությունը 51° է ($3°+8 \cdot 6°$): Բոլոր զոնաների համար որպես Y առանցք ընդունված է հասարակածը: Այնուհետեւ յուրաքանչյուր զոնան պրոյեկտում են սեփական գլանի վրա, որը մտովի հագցվում է գնդի վրա եւ շոշափում է տվյալ զոնայի առանցքային միջօրեականի հետ: Հետեւաբար, գլանների թիվը վերցնում են հավասար զոնաների թվին: Գնդի վրա զոնայի սահմանները ցույց են տրված կետագծով, իսկ գլանի վրա՝ հոծ գծով (նկ.1.31բ):



Նկ. 1.31ա

Քանի որ գլանը շոշափում է զոնայի հետ առանցքային միջօրեականով, իսկ այնուհետեւ հեռանում է դրա մակերեւույթից, ապա պրոյեկցիայի վրա առանցքային միջօրեականի ուղղությամբ մասշտաբը մնում է անփոփոխ: Մյուս կետերում մասշտաբը փոփոխվում է այնքան շատ, որքան կետը հեռանում է առանցքային միջօրեականից:

Զոնայի լայնության ընտրումը՝ 6° կամ 3°, կախված է ստեղծվող տեղագրական քարտեզի մասշտաբից: Երբ կազմում են 1:10000-ի եւ ավելի մանր մասշտաբի քարտեզներ (մեծ հայտարար ունեցող) վերցնում են 6°-նոց զոնաներ, իսկ 1:5000-ի եւ ավելի խոշոր մասշտաբների դեպքում (փոքր հայտարար ունեցող) ընտրում են 3°-նոց զոնաներ, որոնց եզրերի վրա աղավաղումները ավելի փոքր են, քան՝ քե 6°- նոց զոնաների դեպքում:



Նկ.1.31բ

3°-նոց զոնաները դասավորվում են այնպես, որ զոնաներից առաջինի առանցքային միջօրեական-ը համընկնի Գրինվիչի միջօրեականի հետ: Հետեւաբար, մնացած զոնաների առանցքային միջօրեականները կդասավորվեն Գրինվիչից արեւելք եւ կունենան հետեւյալ երկայնությունները՝ 3°, 6°, 9°….:

Նախկին Միության տարածքի վրա 6°-նոց զոնաների դեպքում կետերի առավելագույն հեռավորությունները առանցքային միջօրեականից չեն գերազանցում 280 կիլոմետրը (φ=32°-ի դեպքում), ուստի գծերի աղավաղումները զոնայի սահմանային մասերում չեն գերազանցի դրանց երկարության 1:1030 մասը:

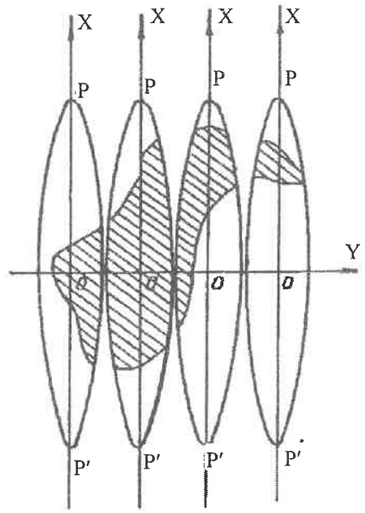
Դա գործնականում մեծ մասամբ ընդունելի է:

3°-նոց զոնաների համար գծերի աղավաղումները չեն գերազանցում դրանց երկարության 1:3000 մասը, ուստի այդպիսի զոնաները ընտրում են մեծ ճշտության աշխատանքներ կատարելիս: Որոշ դեպքերում, օրինակ, քաղաքացիական շինարարության ժամանակ կարող է ավելի նեղ զոնաներ ընտրելու անհրաժեշտություն առաջանա:

Գծագրերի վրա (նկ.1.30ա եւ 1.30բ) սխեմատիկորեն ներկայացված է 9-րդ զոնան հնչպես գնդի մակերեւույթի վրա, այնպես էլ հարթության վրա Գաուսի պրոյեկցիայում:

Զոնայի սահմաններում պրոյեկցիայի վրա ցույց են տրված մի քանի հորիզոնական գծեր, որոնք ներկայացնում են գնդի վրա առանցքային միջօրեականներին ուղղահայաց մեծ շրջանների (E′MN, նկ.1.28, 1.29բ) պրոյեկցիաները: Ցույց են տրված նաեւ որպես ուղիղ գծեր փոքր L_0L շրջանների աղեղները, որոնք գտնվում են առանցքային միջօրեականին զուգահեռ հարթությունների մեջ: Պրոյեկցիայի վրա այդ գծերը զուգահեռ են առանցքային միջօրեականին: Ցույց է տրված A կետի ուղղանկյուն կոորդինատները՝ X_A եւ Y_A (նկ.1.30բ):

Նկարագրված ձեւով յուրաքանչյուր զոնան (6° կամ 3°) պրոյեկտվում է սեփական գլանի վրա: Գլանը AB ծնիչով (նկ.31բ) կտրելուց եւ հարթության վրա փռելուց հետո ստացվում է Երկրագնդի արտահայտումը հարթության վրա առանձին զոնաների տեսքով, որոնք շոշափում են մեկը մյուսին միայն հասարակածով (նկ.1.32):



Նկ.1.32

Յուրաքանչյուր զոնայում X եւ Y կոորդինատների համակարգը ունի յուր սկզբնակետը: Որեւէ կետի X եւ Y կոորդինատները (Գաուսի կոորդինատները) կարող են ունենալ դրական եւ բացասական նշաններ: Աբսցիսները X համարվում են դրական, եթե կետերը գտնվում են հասարակածից դեպի հյուսիս: Օրդինատները դրական են համարվում այն կետերի համար, որոնք դասավորված են առանցքային միջօրեականից դեպի արեւելք եւ բացասական՝ արեւմուտքում գտնվող կետերի համար:

Դիտարկվող համակարգում նախկին Միության տարածքում բոլոր կետերի համար X աբսցիսները դրական են: Որպեսզի բացասական Y-ները, այսինքն, առանցքային միջօրեականից ձախ գտնվող կետերի օրդինատները դարձվեն նույնպես դրական, ընդունված է հասարակածի եւ առանցքային միջօրեականի հատման կետը համարել ոչ թե 0-ն, այլ y=+500կմ օրդինատ ունեցող կետը: Դա նշանակում է, որ համակարգի սկզբնակետը տեղափոխվել է դեպի ձախ՝ O′ կետը (արեւմուտք) 500 կիլոմետրով (նկ.1.30բ): Այս դեպքում բոլոր կետերը կունենան դրական օրդինատներ: Եթե կետը, օրինակ, ուներ Y=+125.6343 կմ օրդինատ, սկզբնակետը տեղափոխելու շնորհիվ դրա օրդինատը կստացվի

Y=500.0000+125.6343=625.6343 կմ: Եթե Y-ը հավասար էր Y= – 125.6343 կմ, ապա նոր պայմանական օրդինատը կլինի Y=500.0000-125.6343=374.3657 կմ:

Որպեսզի պարզ լինի, թե որ զոնայում է տվյալ կետը, դրա օրդինատից առաջ գրվում է զոնայի համարը: Օրինակ, եթե կետը գտնվում է 7-րդ զոնայում եւ դրա իրական Y-ի արժեքը հավասար է +125.6343 կմ, ապա պայմանական օրդինատը կլինի Y=7625.6343կմ: Իսկ եթե իրական Y=-125.6343 կմ, ապա պայմանականը կլինի Y=7374.3657 կմ:

Զոնայական ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգը մշակված է պրոֆ. Ն. Գ. Կելի նախաձեռնությամբ եւ կիրառվում է 1928 թվականից: Կրասովսկու էլիպսոիդի նկատմամբ դա ընդունված է 1942 թվականից, որպես համապետական, աշխարհագրական՝ կոորդինատների հետ միաժամանակ: Այն օգտագործվում է նաեւ Գերմանիայում, Իտալիայում, Ֆինլանդիայում եւ այլ երկրներում:

Ցանկացած կետերի ուղղանկյուն կոորդինատները այդ համակարգում հեշտությամբ կարելի է հաշվարկել, եթե հայտնի են այդ կետերի աշխարհագրական կոորդինատները, հատուկ աղյուսակների օգնությամբ:

1.12.5 Կոորդինատային ցանց

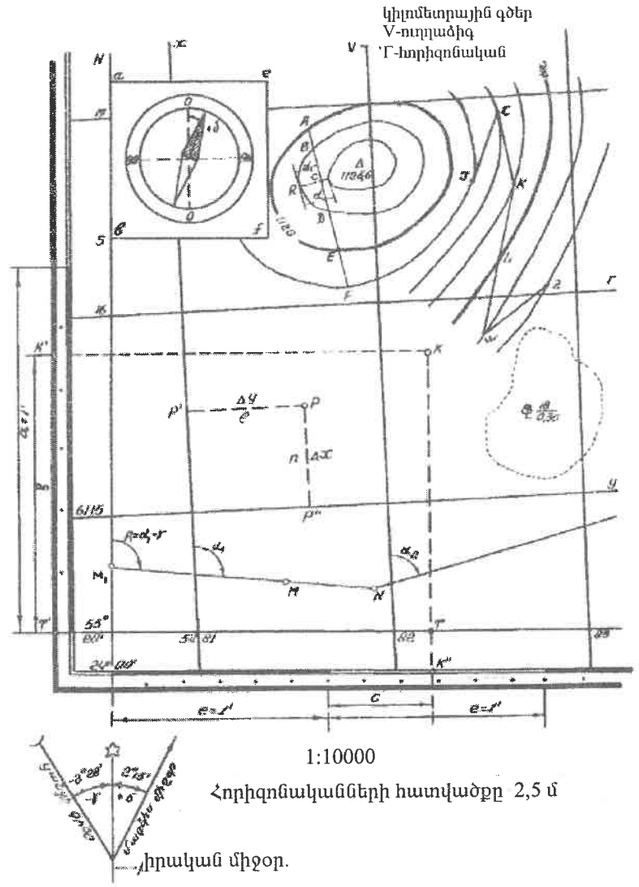
Ուղղանկյուն կոորդինատների համար հիմք ստեղծելու նպատակով եւ քարտեզից առավել հարմար օգտվելու նպատակով կոորդինատային առանցքներին զուգահեռ նշահարվում է հավասար քառակուսիների ցանց, որն անվանում են կոորդինատային ցանց: Ցանցի քառակուսիների կողմերի չափերը կախված են մասշտաբից եւ բերված են աղյուսակ 1.5-ում (նկ.1.30բ):

Աղյուսակ 1.5

Քարտեզի մասշտաբը	Քառակուսիների կողմերի չափերը	
	Քարտեզի վրա (սմ)	Տեղամասի վրա (հորիզոնական պրոյեկցիա) (կմ)
1:200000	5	10
1:100000	2	2
1:50000	2	1
1:25000	4	1
1:10000	10	1
1:5000	10	0.5
1:2000	10	0.2
1:1000	10	0.1
1:500	10	0.05

Աղյուսակից երեւում է, որ ցանցի քառակուսու կողմի երկարությունը որոշ մասշտաբների դեպքում համապատասխանում է հողակտորի վրա կլոր թվով կիլոմետրերի (1, 2, 10): Այս պատճառով կոորդինատային ցանցը անվանում են նաեւ կիլոմետրային ցանց, իսկ այն ուղիղ գծերը, որոնք կազմում են ցանցը, անվանում են կիլոմետրային գծեր:

Ինչպես հայտնի է, Գաուսի պրոյեկցիայում այդ գծերը ներկայացնում են Երկրագնդի մեծ շրջան-ների աղեղներ, որոնք ուղղահայաց են զոնայի առանցքային միջօրեականի հարթությանը, եւ փոքր շրջանների աղեղներ, որոնք զուգահեռ են այդ հարթությանը: Կոորդինատային գծերի կողքը գրում են դրանց կոորդինատները քարտեզի էջի ներսի շրջանակի եւ րոպեները արտահայտող գծի արանքում: Օրինակ՝ նկ.1.33-ի վրա ցույց է տրված 1:10000 մասշտաբի տեղագրական քարտեզը, որի կիլոմետրային ցանցի առաջին գծի վերեւի մասում գրված է 6115 թիվը: Դա նշանակում է, որ այդ գծի վրա գտնվող բոլոր կետերը գտնվում են հասարակածից X=6115 կմ հեռավորության վրա: Հաջորդ գծերի վրա գրված են միայն վերջին թվերը՝ 16, 17…..: Առաջին երկու թվերը (61) չեն գրվում:



Նկ.1.33

Ցանցի առաջին ուղղածիգ գծի մոտ գրված է 5281: Այդ թվի առաջին նիշը՝ 5-ը, ցույց է տալիս զոնան, իսկ վերջին երեք նիշերը՝ 281 դա տվյալ կիլոմետրային գծի հեռավորությունն է O-ից, այսինքն, առանցքային միջօրեականից 500կմ ձախ տեղափոխված պայմանական սկզբնակետից: Ուրեմն, այդ գիծը գտնվում է 5-րդ զոնայի առանցքային միջօրեականից դեպի արեւմուտք 500-281=219 կմ հեռավորության վրա:

Տեղագրական քարտեզների այն էջերը, որոնք գտնվում են զոնայի արեւմտյան սահմանի վրա, ունեն նաեւ լրացուցիչ՝ երկրորդ կոորդինատային ցանց, որը գծվում է ոչ լրիվ եւ վերաբերում է հարեւան արեւմուտքում գտնվող քարտեզի էջին: Այդ ցանցը անվանում են լրացուցիչ: Տեղագրական քարտեզի շրջանակից դուրս դրա ներքեւի ձախ մասում ցույց է տրված տվյալ թերթի միջին միջօրեականի (ցույց է տրված աստղով) եւ տվյալ զոնայի, որի մեջ գտնվում է քարտեզը, առանցքային միջօրեականի (ցանցի գիծը) մերձեցման անկյունը: Բացի դրանից նշվում է մագնիսական խոտորումը, դրա տարեկան փոփոխումը եւ այն տարեթիվը, որի համար դա որոշված է:

1.13. Տեղագրական քարտեզների եւ հատակագծերի թերթերի կտրատման համակարգը: Քարտեզների անվանակարգը

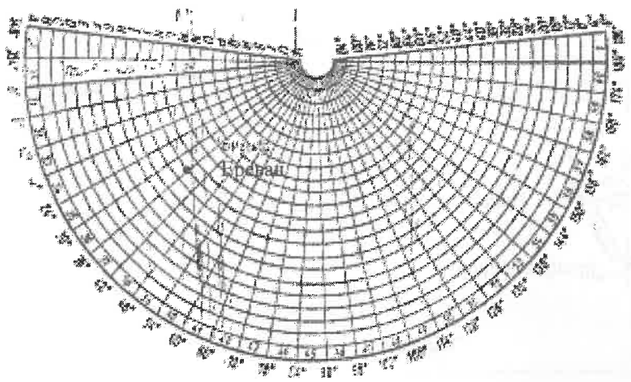
Ինչպես նշվել էր, 1:1000000-ից մանր մասշտաբով կազմված քարտեզները անվանում են ակնարկային, 1:1000000, 1:300000, 1:200000 մասշտաբի քարտեզները՝ ակնարկային տեղագրական, եւ 1:100000, 1:50000, 1:25000, 1:10000, 1:5000, 1:2000 մասշտաբի քարտեզները՝ տեղագրական քարտեզներ: Տեղագրական հատակագծերը կազմվում են 1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 մասշտաբներով:

Տեղագրական քարտեզներով եւ հատակագծերով օգտվելու համար այս կամ այն աշխարհագրական դիրք ունեցող տեղամասի քարտեզը պահեստից ստանալու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի քարտեզները համարակալված լինեն որոշակի համակարգում եւ բաժանված լինեն մեկը մյուսից միջօրեականներով եւ զուգահեռականներով: Քարտեզների եւ հատակագծերի բաժանումը առանձին թերթերի անվանում են քարտեզների կտրատման համակարգ:

Քարտեզների թերթերի չափերը պետք է հարմար լինեն օգտագործելու համար: Սովորաբար դրանք մոտ են (40-50) սանտիմետր երկարություն ունեցող քառակուսիներին: Քարտեզների թերթերի նշանակումը միեւնույն համակարգում անվանում են տեղագրական քարտեզների անվանակարգ (նոմենկլատուրա):

1:1000000 մասշտաբի քարտեզների անվանակարգը

Այդ քարտեզը սահմանափակված է միջօրեականներով, որոնց երկայնությունների տարբերությունը 6° է եւ զուգահեռականներով, որոնց լայնությունների տարբերությունը 4° է: Այդպիսի չափեր ունեցող քարտեզները միասին կազմում են 6°-նոց շարասյուներ եւ 4°-նոց շարքեր:

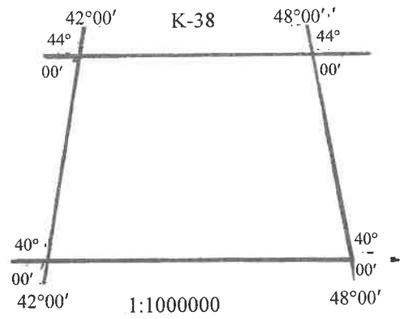


Նկ.1.34

Շարասյուները համարակալվում են արաբական թվերով՝ 1-ից մինչեւ 60, սկսած 180° երկայնություն ունեցող միջօրեականից դեպի արեւելք, իսկ շարքերը նշվում են լատինական A, B, C, D, E, ... տառերով՝ հասարակածից դեպի հյուսիս եւ դեպի հարավ (նկ.1.34): Օրինակ՝ Երեւանը, որի λ=44°35′ եւ φ=40°13′ գտնվում է այն 1:1000000 մասշտաբի քարտեզի վրա, որը սահմանափակված է 42° եւ 48° երկայնություն ունեցող միջօրեականներով եւ 40° եւ 44° լայնություն ունեցող զուգահեռականներով: Դրա անվանակարգը կլինի՝ K-38: Դա երեւում է գծագրից (նկ.1.34): Նշված մասշտաբի քարտեզների կենտրոնական միջօրեականները համընկնում են 6°-նոց զոնաների առանցքային միջօրեականների

հետ, ըստ որում զոնայի համարը հավասար է շարասյան համարից հանած 30: Օրինակ՝ K-38 քարտեզը գտնվում է 38-30=8-րդ զոնայում: Դրա առանցքային միջօրեականի երկայնությունը հավասար է 45°-ի:

1:1000000 մասշտաբի քարտեզի շրջանակի անկյունների աշխարհագրական (գեոդեզիական) կոօրդինատները ըստ հայտնի անվանակարգի հաշվարկելու համար վարվում են հետեւյալ կերպ: Անվանակարգի տառի համարը այբուբենի մեջ բազմապատկում են 4°-ով եւ ստանում են թերթի հյուսիսային զուգահեռականի գեոդեզիական լայնությունը՝ B-ն (φ-ն): Փոքրացնելով ստացված արժեքը



Նկ. 1.35ա

4°-ով՝ ստանում են թերթի հարավային զուգահեռականի լայնությունը: Քարտեզը սահմանափակող միջօրեականների երկայնությունները որոշելու համար շարասյան համարից հանում են 30 (եթե կետը գտնվում է Գրինվիչից դեպի արեւելք) եւ ստացված թիվը բազմապատկում են 6°-ով: Արդյունքում ստանում են քարտեզի արեւելյան կողմի երկայնությունը՝ L-ը (λ-ն), հանելով 6°, որոշում են արեւմտյան կողմի երկայնությունը:

Օրինակ՝ 1:1000000 (K-38) քարտեզը հյուսիսային կիսագնդում ունի հետեւյալ գեոդեզիական կոօրդինատները.

Հյուսիսային զուգահեռականի լայնությունը 44° (K տառի հերթական համարը լատինական այբուբենում 11-ն է՝ 11· 4°=44°);

Հարավային զուգահեռականի լայնությունը 40° (44°- 4°);

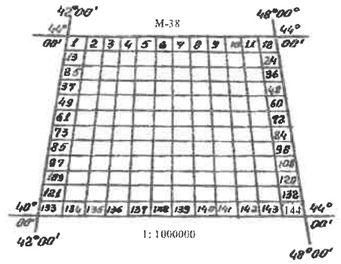
Արեւելյան միջօրեականի երկայնությունը 48° (38-30)·6°=48°):

Արեւմտյան միջօրեականի երկայնությունը 42° (48°-6°) (նկ.1.35ա):

1:100000 – 1:500 մասշտաբների տեղագրական քարտեզների եւ հատակագծերի անվանակարգը

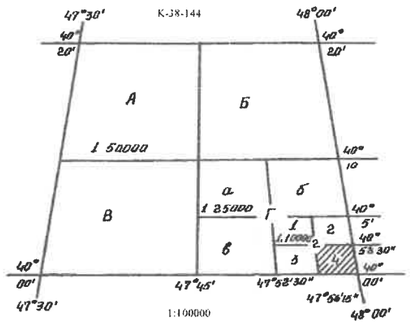
Այն տարածքը, որն ընդգրկված է 1:1000000 մասշտաբի մեկ թերթով, կարող է ավելի խոշոր մասշտաբի դեպքում արտահայտվի մի քանի թերթերի վրա: Օրինակ՝ 1:100000 մասշտաբի դեպքում՝ 144 թերթերի վրա: Յուրաքանչյուր թերթի չափերը կլինեն հավասար ըստ երկայնության՝ 6°:12=30′ եւ ըստ լայնության՝ 4°:12=20′: Օրինակ՝ գծագրի վրա (նկ.1.35բ) ստվերագծով ցույց է տրված 1:100000 մասշտաբի քարտեզը, որը գտնվում է K-38 1:1000000 մասշտաբի քարտեզի վրա: Դա սահմանափակված կլինի 47°30′ - 48°00′ միջօրեականներով եւ 40°00′ - 40°20′ զուգահեռականներով: Արաբական թվերով համարակալված, 1-ից 144 քարտեզների շարքում նշված 1:100000 մասշտաբի քարտեզի թերթը զբաղեցնում է 144-րդ տեղը: Այդ քարտեզի անվանակարգը ստանալու համար անհրաժեշտ է 1:1000000 քարտեզի անվանակարգից հետո ավելացնել 144 թիվը, այսինքն, գրել K-38-144 (նկ.1.36, աղյուսակ 1.6):

Գծագրի վրա, (նկ.1.36) ցույց է տրված, ինչպես 1:100000 K-38-144 քարտեզի զբաղեցրած տա
րածությունը կարելի է արտահայտել ավելի խոշոր՝ 1:50000 մասշտաբի 4 քարտեզներով: Դրանցի
յուրաքանչյուրի անվանակարգը ստանալու համար անհրաժեշտ է 1:100000 մասշտաբի քարտեզի ա
վանակարգին (K-38-144) ավելացնել А, Б, В, Г տառերից մեկը: Օրինակ՝ K-38-144-Г, որի շրջանակ
ների չափերը ըստ երկայնության կլինեն 30′:2=15′ եւ ըստ լայնության՝ 20′:2=10′:



Նկ.1.35բ

Հաջորդ 1:25000 մասշտաբի քարտեզի անվանակարգը ստանալու համար նույն ձեւով նախորդ
1:50000, քարտեզի զբաղեցրած տարածքը բաժանում են չորս հավասար մասի եւ յուրաքանչյուրը



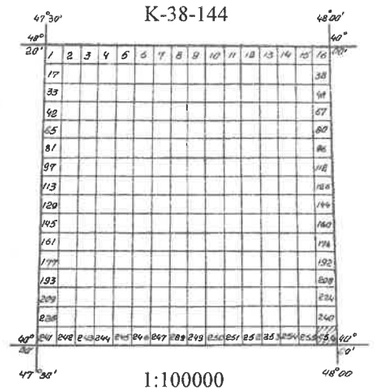
Նկ.1.36

նշում են а, б, в, г տառերով: Օրինակ՝ K-38-144-Г-г: 1:25000 մասշտաբի քարտեզը կունենա հետե
յալ չափերը. ըստ երկայնության՝ 15′:2=7,5′ եւ ըստ լայնության՝ 10′:2=5′: 1:10000 մասշտաբի քար
տեզի շրջանակները ստանալու համար եւս բաժանում են չորս մասի նախորդ՝ 1:25000 մասշտաբի
քարտեզի զբաղեցրած տարածքը, իսկ անվանակարգը որոշելու համար ավելացնում են արաբական
1, 2, 3, 4 թվերից մեկը: Օրինակ՝ նկ.1.36-ի վրա ստվերացված 1:10000 մասշտաբի քարտեզի անվանա
կարգը կլինի K-38-144-Г-г-4: Դրա շրջանակի չափերն են 7′,5:2=3′45″ եւ 5′:2=2′30″:

Հաջորդ՝ 1:5000, մասշտաբի քարտեզների շրջանակների չափերը ստանալու համար 1:100000
մասշտաբի քարտեզի թերթը բաժանում են 256 մասի: Ստացված 256 թերթից յուրաքանչյուրը համա
րակալվում է փակագծերի մեջ վերցրած արաբական թվերով, օրինակ, K – 38 – 144 – (256): Այն ստվե
րագծված է գծագրի վրա (նկ. 1.37ա):

1:2000 մասշտաբի քարտեզի շրջանակների չափերը ստանալու համար նախորդ՝ 1:5000, մասշ
տաբի քարտեզի զբաղեցրած տարածքը բաժանում են 9 մասի, որոնցից յուրաքանչյուրը համարակալ-

վում է ռուսական այբուբենի տառերով а, б, в, г, д, е, ж, з, и (նկ.1.37բ, աղ.1.6), օրինակ, K-38-144-(256-и):



Նկ. 1.37ա

Երբ աճում են տեղանքի կետերի լայնությունները, բոլոր մասշտաբների քարտեզների թերթերը սկսում են նեղանալ, մնալով անփոփոխ ըստ բարձրության: Այս պատճառով, սկսած 60° լայնություն ունեցող զուգահեռականից, թերթերը գծվում են զույգ-զույգ, իսկ 76°-ից հետո՝ չորսական թերթով:

Աղյուսակ 1.6

Մասշտաբ	Անվանակարգ (նոմենկլատուրա)	Թերթի չափերը ըստ		Թերթի մակերեսը կմ^2 (φ=56°)
		լայնության	երկայնության	
1:1000000	N-35	4°	6°	166280
1:500000	N-35-Г(А-ից Г)	2°	3°	41570
1:200000	N-35-XXXVI(I-ից XXXVI)	0°40′	1°′	4624
1:100000	N-35-144(I-ից 144)	0°20	0°30	1162
1:50000	N-35-144-Г(А-ից Г)	10′	15′	290
1:25000	N-35-144-Г-г(а-ից г)	5′	7′30″	72
1:10000	N-35-144-Г-г-4(1-ից 4)	2′30″	3′45″	18
1:5000	N-35-144-(256)(1-ից 256)	1′15″	1′52.5″	4.5
1:2000	N-35-144-(256-и)(а-ից и)	0′25″	0′37.5″	0.5



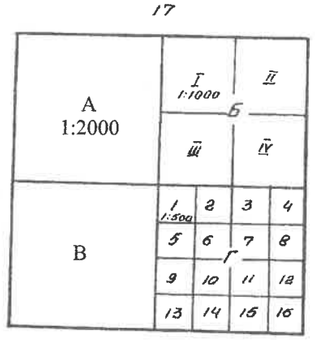
Նկ. 1.37բ

1:1000000 մասշտաբի քարտեզները կազմվում են , այսպես կոչված, փոփոխված պոլիկոնական պրոյեկցիայում, իսկ մնացած՝ 1:500000 եւ ավելի խոշոր մասշտաբների քարտեզները կազմվում են Գաուսի պրոյեկցիայում: Այդպիսի քարտեզների վրա միջօրեականների եւ զուգահեռականների կորգծերը քարտեզի թերթի սահմաններում չեն տարբերվում ուղիղ գծերից:

Աղյուսակում (1.6) բացի նկարագրված քարտեզներից բերված են նաեւ 1:500000, 1:200000 քարտեզների անվանակարգերը եւ դրանց շրջանակների չափերը:

Այն դեպքերում, երբ հանույթվող տարածքի մակերեսը չի գերազանցում 20 կմ^2-ը, որպես օրենք, տեղագրական հատակագծեր ստեղծելիս կիրառվում են քառակուսիների բաժանված շրջանակներ հետեւյալ չափերով. 40սմ·40սմ՝ 1:5000 մասշտաբի դեպքում (տեղանքի վրա 2կմ·2կմ), եւ 50սմ·50սմ՝ 1:2000, 1:1000 եւ 1:500 մասշտաբների դեպքում (տեղանքի վրա համապատասխանաբար 1կմ·1կմ, 500մ·500մ եւ 250մ·250մ): Կտրատման համակարգի հիմքում ընդունվում է 1:5000 մասշտաբի քարտեզի թերթը: Այն տարածքը, որը համապատասխանում է այդպիսի քարտեզին (նկ.1.37գ) նշանակված է, օրինակ, որպես թերթ 17: 1:5000 -17 թերթը բաժանվում է 4 մասի՝ 1:2000 մասշտաբով տարածքը արտահայտելու համար: Յուրաքանչյուր մասը նշվում է ռուսական այբուբենի А, Б, В, Г տառերով, որոնք կցվում են 1:5000 մասշտաբի հատակագծի անվանակարգին՝ 1:5000-17- Г :

1:2000 մասշտաբի հատակագծին համապատասխանող տարածքը բաժանվում է 4 մասի՝ 1:1000 մասշտաբի հատակագիծ ստեղծելու համար, կամ 16 մասի՝ 1:500 մասշտաբի հատակագիծ ստանալու համար: 1:1000 մասշտաբի դեպքում ավելացվում է 1:2000 հատակագծի անվանակարգին հռոմեական I-IV թվերից մեկը, օրինակ, 1:5000–17–Б–IV: Իսկ 1:500 մասշտաբի դեպքում 1:2000 հատակագծի անվանակարգին ավելացվում է 1-16 արաբական թվերից մեկը, օրինակ, 1:5000–17–Г–16 (նկ.1.37գ):



1:5000

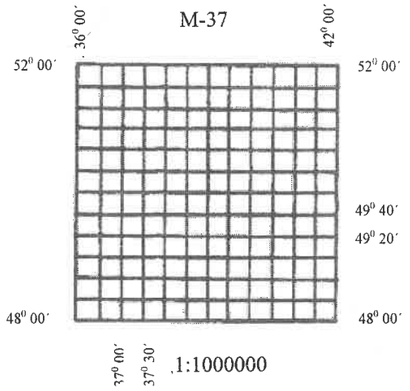
Նկ. 1.37գ

Քարտեզի թերթի անվանակարգի եւ անկյունների գեոդեզիական կոորդինատների որոշումը

Տեղագրական քարտեզները ընտրելու համար անհրաժեշտ է որոշել դրանց անվանակարգը այս կամ այն կետի գեոդեզիական կոորդինատների տվյալներով:

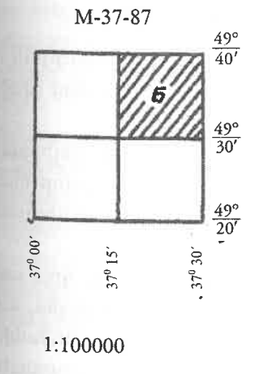
Օրինակ՝ հայտնի են կետի գեոդեզիական կոորդինատները՝ լայնությունը՝ B=49°33′11,6″ եւ երկայնությունը՝ L=37°18′52,4″: Անհրաժեշտ է որոշել 1:10000 քարտեզի թերթի անվանակարգը եւ անկյունների գեոդեզիական կոորդինատները, որի տարածքի վրա գտնվում է տվյալ կետը:

Խնդիրը լուծվում է հետեւյալ հաջորդականությամբ: Նախ եւ առաջ կետի կոորդինատների տվյալներով որոշում են 4°-նոց շարքի հյուսիսային զուգահեռականի լայնությունը եւ շարասյունի արեւելյան միջօրեականի երկայնությունը, որոնցով պայմանավորված է 1:1000000 մասշտաբի քարտեզի դասավորությունը: Հյուսիսային զուգահեռականի լայնությունը պետք է բազմապատիկ լինի 4-ին եւ մեծ լինի 49°-ից, այսինքն՝ 52°: Բաժանելով 52-ը 4-ի՝ ստանում են 13 շարքի համարը, որին համապատասխանում է M տառը:

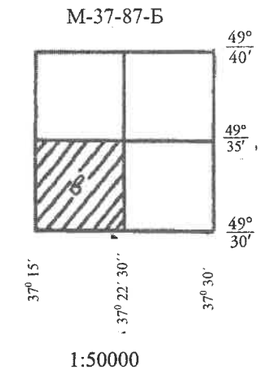


Նկ. 1.38

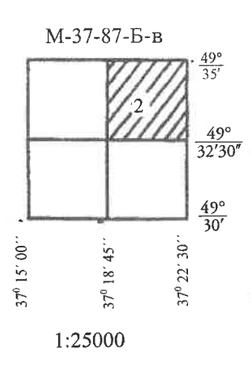
Արեւելյան միջօրեականի երկայնությունը պետք է բաժանվի 6-ի, սակայն մեծ լինի φ=37°-ից, այսինքն, լինի 42°: Գումարելով այդ թվին 180° եւ բաժանելով 6-ի՝ ստանում են շարասյան համարը՝ 37:



Նկ. 1.39ա



Նկ.1.39բ



Նկ. 1.39գ

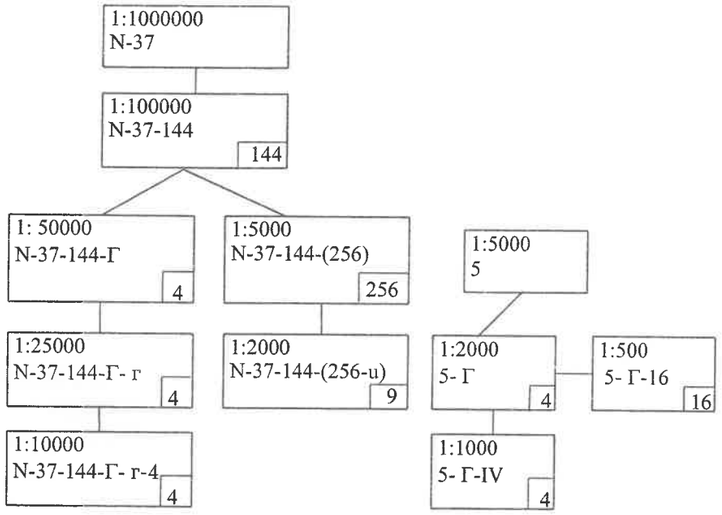
Այսպիսով, 1:1000000 քարտեզի թերթը, որի վրա գտնվում է կետը, ունի M-37 անվանակարգը: Այդ թերթի սեղանի անկյունների գեոդեզիական կոորդինատները ցույց են տրված գծագրի վրա (նկ.1.38):

Բաժանելով ստացված քարտեզի յուրաքանչյուր կողմը 12 մասի՝ ստանում են 1:100000 քարտեզի սեղանի կողմերի մեծությունը՝ 20′ ըստ լայնության եւ 30′ ըստ երկայնության: Դա հիմք է հանդիսա-

նում որոշելու այդ մասշտաբի քարտեզի դիրքը: 144 թերթերի շարքում դա զբաղեցնում է 87-րդ տեղը: Այդ 1:100000 քարտեզի անկյունների կոորդինատները ցույց են տրված գծագրի վրա (նկ.1.39ա): Քաժանելով այդ թերթը 4 մասի, ստանում են 1:50000 մասշտաբի քարտեզը՝ 10′ եւ 15′ չափեր ունեցող կողմերով (նկ.1.39բ):

Շարունակելով բաժանումը՝ որոշում են 1:25000 մասշտաբի քարտեզի կողմերի մեծությունը՝ 5′ եւ 7.5′ (նկ.1.39գ) եւ, վերջապես, 1:10000 մասշտաբի քարտեզի համար՝ 2.5′ եւ 3′45″, որի անվանակարգը կլինի M-37-87-Ե-в-2: Ինչպես երեւում է գծագրից, կետը, համաձայն իր կոորդինատների, գտնվում է այդ քարտեզի վրա (նկ.1.39գ):

Քարտեզների անվանակարգերի կազմումը ցույց է տրված գծագրի վրա (նկ.1.39դ):



Նկ.1.39դ

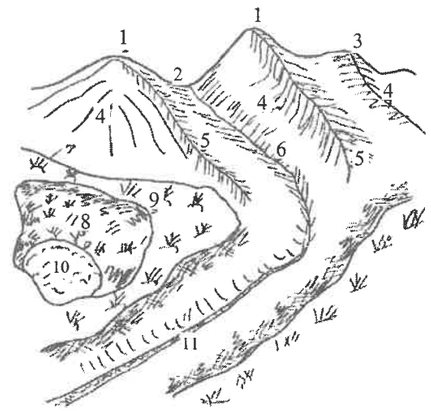
1.14. Ռելիեֆի արտահայտումը հատակագծերի եւ քարտեզների վրա

Երկրի ֆիզիկական մակերեւույթը հարթ չէ՝ հարթավայրերը, նույնիսկ փոքր տարածության վրա, չի կարելի դիտել որպես հարթություն: Միասին վերցրած տարբեր ձեւի անհարթությունները ֆիզիկական մակերեւույթի վրա անվանում են ռելիեֆ:

Ռելիեֆը ունի կարեւոր նշանակություն մարդկանց կյանքում՝ հողագործության մեջ, մելիորատիվ աշխատանքների ժամանակ, շինարարական տարբեր կառույցներ իրագործելիս: Այս բոլոր դեպքերում անհրաժեշտ է լինում հաշվի առնել ռելիեֆը, ուստի պարզ է դառնում ռելիեֆի արտահայտման կարեւորությունը հատակագծերի եւ քարտեզների վրա:

Տեղանքի ռելիեֆը չի մնում հաստատուն: Դա փոփոխվում է երկրի խորքերից կեղեւի վրա ազդող ուժերի շնորհիվ, օդի ջերմաստիճանի, տեղումների, քամու ազդեցության տակ եւ, վերջապես, մարդկանց գործունեության պատճառով: Նշված հանգամանքներից ելնելով հարկ է լինում ժամանակի ընթացքում կրկնել գեոդեզիական հանույթները տվյալ տարածքներում՝ կատարելով համապատասխան ուղղումներ քարտեզների եւ հատակագծերի վրա:

Ռելիեֆի բազմաթիվ ձեւերը, որոնք գոյություն ունեն իրականում, համախմբվում են մի քանի ձեւերի մեջ, որոնք ցույց են տրված գծագրի վրա (նկ.1.40):



1 – լեռ
2 – թամբարդ
3 – լեռնաշղթա
4 – լանջ
5 – ջրբաժան
6 – ջրհավաք
7 – լեռան ստորոտ
8 – գոգահովիտ
9 - եզերք
10 – հատակ
11 - առվակ

Նկ. 1.40

Լեռ է կոչվում կոնաձեւ բարձունքը: 200 մետրից պակաս նիշ ունեցող բարձունքը կոչվում է բլուր: Լեռան ամենաբարձր կետը կոչվում է գագաթ, իսկ կողմնային մակերեւույթները անվանում են լանջեր, դրանք ներքեւի մասում ավարտվում են ստորոտով: Լանջերի վրա առաջացած հորիզոնական հրապարակները անվանում են հողահարթակներ (տերասա):

Գոգահովիտը իրենից ներկայացնում է սարի կամ բլուրի հակառակ ռելիեֆի ձեւը: Դրա ամենացածր կետը կոչվում է հատակ: Գոգահովիտի կողային մակերեւույթները կոչվում են լանջեր կամ զառիվայրեր: Վերին մասում, որտեղ լանջը հանդիպում է շրջապատող տեղանքի հետ, առաջանում է եզերք:

Լեռնաշղթան իրենից ներկայացնում է աստիճանաբար ցածրացող լեռների ձգված մի խումբ: Այն գիծը, որը միացնում է ցածրացող մասի վերին կետերը, կոչվում է ջրբաժան գիծ: Ջրբաժան գծից դեպի լանջերը տեղանքը աստիճանաբար ցածրանում է:

Այն գիծը, որը միացնում է հովիտի ամենացածր կետերը, կոչվում է ջրհավաք գիծ (տալվեգ):

Հովիտը լայն հասկացողություն է: Դա ընդգրկում է եւ ձորերը, եւ լեռնահովիտները, եւ գետահովիտները:

Թամբարդ կոչվող ռելիեֆի ձեւը իրենից ներկայացնում է երկու սարերի կամ բարձունքների միջեւ ընկած երկարավուն, ոչ խոր, թամբաձեւ վայր: Թամբարդի ամենացածր կետից սկիզբ են առնում երկու հովիտներ, որոնք ձգվում են հակառակ ուղղություններով: Թամբարդով սովորաբար անցնում են ճանապարհները կամ արահետները, որոնք միացնում են միմյանց սարերի հակառակ լանջերը : Այդ պատճառով թամբարդը անվանում են լեռնանցք:

Ռելիեֆը քարտեզների եւ հատակագծերի վրա արտահայտելիս պարտադիր կերպով որոշվում եւ գրվում են նշված ռելիեֆի ձեւերի բնորոշ կետերի նիշերը:

1.14.1. Ռելիեֆի արտահայտման եղանակները

Ռելիեֆի արտահայտման համար հայտնի են մի քանի եղանակներ:

Ամենապարզ եղանակը կայանում է նրանում, որ հատակագծի վրա յուրաքանչյուր բնորոշ կետի կողքը գրվում է դրա նիշը:

Ռելիեֆն արտահայտում են նաեւ տարբեր խտություն ունեցող միեւնույն գույնի ներկով, ըս
որում փոքր թեքություն ունեցող լանջերը ներկվում են ավելի բաց գույնով: Թեքությունների ավելաց
լու հետ միասին ավելանում է գույնի խտությունը:

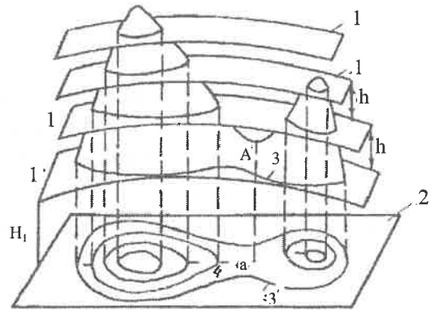
Աշխարհագրական քարտեզներ կազմելիս ընդունված է ռելիեֆը արտահայտելու համար կիրառ
նաեւ տարբեր գույների ներկեր: Փոքր թեքություն ունեցող լանջերը ներկվում են կանաչ գույներո
իսկ լեռնային տարածքները՝ դարչնագույն, տարբեր խտություն ունեցող գույներով:

Սակայն բոլոր թվարկված եղանակները ունեն զգալի թերություններ: Նրբագծերով կամ գույն
րով ռելիեֆի արտահայտումը հնարավորություն չի տալիս գաղափար ստանալ ցանկացած կետե
նիշերի մասին: Քնորոշ կետերի նիշերի օգնությամբ ռելիեֆը արտահայտելու դեպքում գծագիրը ծա
րաբեռնվում է թվերով, դժվար է կարդացվում եւ պատկերավոր չի դառնում:

Ամենալայն տարածում է գտել քարտեզների եւ հատակագծերի վրա ռելիեֆի արտահայտելը հո
րիզոնականների (իզոգիպսերի) օգնությամբ, որոնք գծվում են բնորոշ կետերի նիշերի հիման վրա
ըստ որում հորիզոնականները անցկացնելուց հետո նիշերի մեծ մասը չի գրվում: Ռելիեֆի բնորոշ ձե
վերը արտահայտվում են հորիզոնականների միջոցով բավական պատկերավոր, որովհետեւ դրան
միացնում են կոր գծերով իրար հետ միեւնույն բարձրություն ունեցող կետերը: Առանձին կետերի մո
(բլուրների գագաթների, փոսերի հատակների եւ այլն) գրվում են դրանց նիշերը:

Այսպիսով, հորիզոնականը իրենից ներկայացնում է մեծ մասամբ կոր գիծ, որի բոլոր կետերը ծո
վի մակարդակի նկատմամբ ունեն հավասար բարձրություն:

Հորիզոնականների կառուցման մասին գաղափար ստանալու համար, սովորաբար, դիմում են հե
տեւյալ բացատրությանը: Պատկերացնենք մի կղզի, որը շրջապատված է ջրով (նկ.1.41 ա):



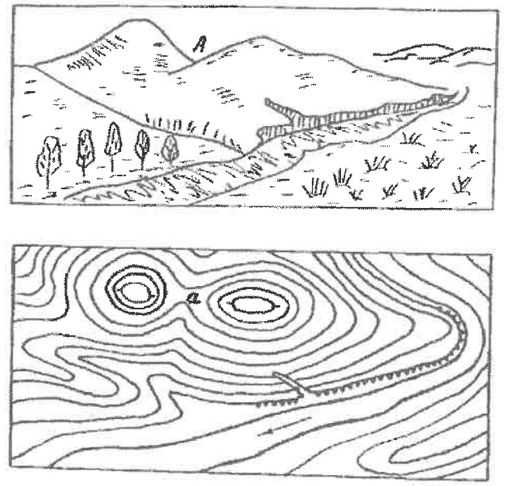
1 – մակարդակային մակերեւույթ
2 – հորիզոնական հարթություն
3 – հորիզոնական
4 - բեռգշտրիխ

Նկ. 1.41ա

Ենթադրենք, որ սկզբնական պահին ջրի մակարդակային մակերեւույթը (1) գտնվում է Գեոիդի
(2) H_1=10 մ բարձրության վրա: Կղզու ափի եզրագիծը այդ պահին կներկայացնի H_1 բարձրությա
համապատասխանող կոր գիծ (3): Եթե պրոյեկտենք այդ գիծը (ափը) հորիզոնական հարթությա
վրա, ընդունելով մակարդակային մակերեւույթը որպես հորիզոնական հարթություն, ապա կստանանք
փակ կոր գիծ (3′), որի բոլոր կետերը կունենան միեւնույն՝ 10 մետրին հավասար նիշը:

Փոքրացնելով մասշտաբի M հայտարարին համեմատ ստացված եզրագիծը, հատակագծի վրա
կունենանք առաջին հորիզոնականը, որը կարտահայտի կղզու եզրագիծը 10 մետր բարձրության վրա

Ենթադրենք այժմ, որ ջրի մակարդակը բարձրացել է h=1 մ չափով եւ կատարվել են վերը նշված
գործողությունները: Հատակագծի վրա կստանանք երկրորդ կոր գիծը՝ հորիզոնականը, որը կարտա
հայտի տվյալ ռելիեֆի ձեւը H_1+h=10+1= 11 մետր բարձրության վրա: Դատելով նկարագրված ձեւով
կարող ենք պատկերել լեռը (բլուրը) հատակագծի վրա որպես մեկը մյուսի մեջ գտնվող փակ կոր գծեր
որոնցից յուրաքանչյուրի բոլոր կետերը ունեն միեւնույն բարձրությունը Գեոիդի մակարդակային մա
կերեւույթի նկատմամբ: Յուրաքանչյուր երկու հարեւան կորերի (հորիզոնականների) վրա գտնվող կե
տերի բացարձակ բարձրությունների տարբերությունը հավասար է h-ի (նկ. 1.41 ա, բ):



Նկ. 1.41բ

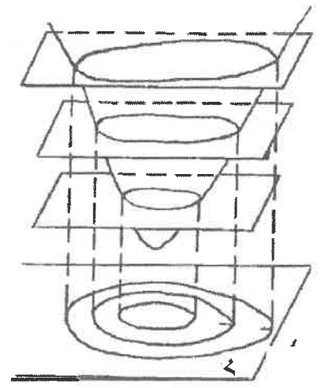
h մեծությունն անվանում են հորիզոնականների հատվածքի բարձրություն կամ հատվածք: Այդ h մե
ծությունը ընտրելիս հաշվի են առնում.

1) հատակագծի կամ քարտեզի մասշտաբը, որքան փոքր է մասշտաբի հայտարարը, այնքան
փոքր է ընտրվում h-ը;
2) տեղանքի ռելիեֆի բարդությունը: Լեռնային պայմաններում h-ը ավելի մեծ է լինում, քան
հարթավայրերում;
3) պահանջվող ճշտությունը՝ ելնելով տնտեսական կարիքներից եւ տեխնիկական պայման
ներից:

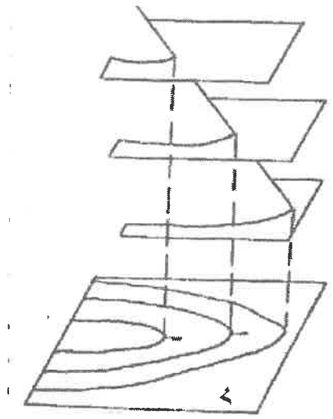
Որքան ճշգրտորեն է անհրաժեշտ արտահայտել ռելիեֆը, այնքան փոքր պետք է լինի h-ը:

Հորիզոնականների հատվածքը գրվում է քարտեզի վրա դրա շրջանակի ներքեւի մասում: Հատա
կագծի վրա հարեւան հորիզոնականների միջեւ ամենակարճ տարածությունը տվյալ կետում անվա
նում են թեքվածք: Թեքվածքը համապատասխանում է լանջի ամենամեծ թեքությանը տվյալ երկու հո
րիզոնականների միջեւ: Ինչքան մեծ լինի լանջի թեքությունը, այնքան փոքր կլինի երկու հարեւան հո
րիզոնականների միջեւ ամենակարճ հեռավորությունը՝ թեքվածքը, եւ հակառակը:

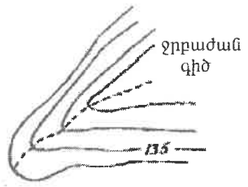
Ռելիեֆի տարբեր ձեւերի արտահայտումը հորիզոնականների օգնությամբ ցուցադրված է գծագ
րերի վրա (նկ.1.41 – 1.44):



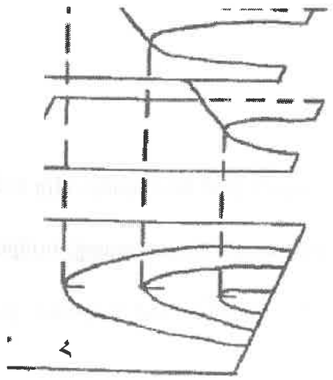
Նկ.1.42



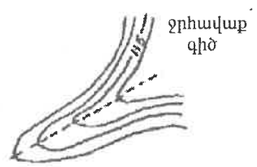
Նկ.1.43ա



Նկ.1.43բ



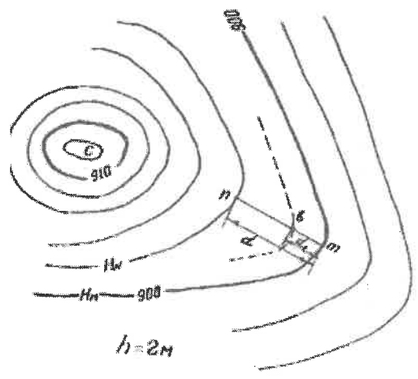
Նկ.1.44ա



Նկ.1.44բ

Լեռը (նկ.1.41), գոգահովիտը եւ փոսորակը (նկ. 1.42) արտահայտվում են նույն ձեւ ունեցող փակ հորիզոնականներով: Որպեսզի տարբերել այդ ռելիեֆի ձեւերը միմյանցից, օգտագործում են բերգշտրիխներ (նրբագծեր): Նրբագիծը սկսվում է հորիզոնականից եւ ուղղվում է դեպի լանջի ցածրացող կողմը:

Բացի դրանից յուրաքանչյուր 5 կամ 4 հորիզոնականից հետո (սկսած զրոյից) գրում են հորիզոնականի նիշը, ընդհատելով այդ հորիզոնականը, կամ այնտեղ, որտեղ դա վերջանում է այդ հատակագծի վրա (նկ.1.45): Հորիզոնականի նիշը գրում են այնպես, որ թվի վերին մասը ուղղված լինի դեպի լանջի բարձրացող կողմը:

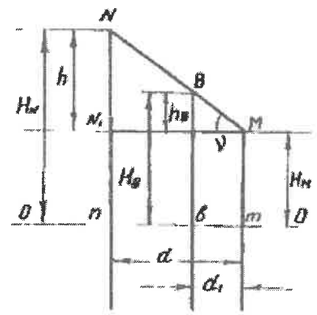


Նկ.1.45

Լեռնաշղթան ու հովիտը արտահայտվում են նույն ձեւ ունեցող հորիզոնականներով: Դրանք ձգված են լինում որոշակի ուղղությամբ (նկ.1.43, 1.44):

Լեռնաշղթայի դեպքում հորիզոնականների ուռուցիկությունը ուղղված է դեպի ցածրացող կողմը (նկ.1.43), իսկ հովիտի դեպքում ուռուցիկությունը ուղղված է դեպի բարձրացող կողմը (նկ.1.44): Եթե լեռնաշղթայի ջրբաժան գծին տարվի ուղղահայաց հատված (լայնական), ապա հատվածի երկու կողմերի վրա գտնվող հորիզոնականների կետերը կունենան դրա մեջտեղի կետի նկատմամբ ավելի քիչ նիշեր: Ջրհավաքի վրա գտնվող կետերի նկատմամբ լայնականի կետերը կլինեն ավելի բարձր, կունենան ավելի մեծ նիշեր:

Այսպիսով, հորիզոնականների նիշերի եւ բերգշտրիխների օգնությամբ հնարավոր է արագ կողմնորոշվել ռելիեֆի ձեւերի մեջ, ինչպես նաեւ գտնել հորիզոնականի վրա գտնվող ցանկացած կետի բացարձակ բարձրությունը (նկ.1.45, նկ.1.46): Բացի այդ, հորիզոնականների օգնությամբ հնարավոր է լուծել հատակագծի կամ քարտեզի վրա մի շարք կարեւոր խնդիրներ (§ 1.15):



Նկ.1.46

Որպեսզի հեշտացվի ռելիեֆի կարդալը, ընդունված է որոշ հորիզոնականները անցկացնել հաստ գծերով: Երբ հորիզոնականների հատվածքը (h) հավասար է լինում 1, 2, 5, 10 կամ 20 մետրի հասցվում է յուրաքանչյուր հինգերորդ հորիզոնականը, սկսած 0 նիշ ունեցող հորիզոնականից: Եթե h հատվածքը հավասար է 2.5 մ, ապա հաստացվում է յուրաքանչյուր չորրորդ հորիզոնականը, այսինքն, այն հորիզոնականները, որոնց նիշերը բաժանվում են 10 մետրի վրա:

Հորիզոնականների մոտ գրված նիշերը պետք է առանց մնացորդի բաժանվեն h հատվածքի վրա: Օրինակ՝ եթե h=2.5 մ, ապա չի կարող հորիզոնականի նիշը հավասար լինի 182 մետրի: Նիշերը գրվում են բոլոր հաստացված հորիզոնականների համար: Եթե ռելիեֆի որոշ մանրամասնությունները չեն արտահայտվում հատակագծի վրա ընտրված h հատվածքի դեպքում, ապա այդպիսի դեպքերում բացի հիմնական հորիզոնականներից անց են կացնում դրանց արանքում կիսող հորիզոնականները:

Որոշ դեպքերում հորիզոնականները հատակագծի կամ քարտեզի վրա անցկացնելուց հետո գրում են առանձին բնորոշ կետերի նիշերը:

Այն լանջերը, որոնց թեքության անկյունները 45°-ից ավել են, հորիզոնականներով չեն արտահայտվում, դրանց համար մշակված են հատուկ պայմանական նշաններ: Հատուկ պայմանական նշաններ են մշակված նաեւ նեղ կիրճերի, սողանքների, ավազների եւ ռելիեֆի ուրիշ տարրերի համար, որոնք չեն արտահայտվում հորիզոնականներով:

Փողոցների, շենքերի, ճանապարհների, գետերի եւ ջրանցքների վրայով, եթե դրանք արտահայտվում են հատակագծի վրա երկու գծով, հորիզոնականներ չեն անցկացվում: Հորիզոնականները գծվում են դարչնագույն գույնով 0.1 մմ հաստությամբ: Հաստացված հորիզոնականները գծվում են 0.2 մմ հաստությամբ:

Մեծ թեքություն ունեցող լանջերը արտահայտելիս հորիզոնականների խտությունը նոսրացնելու համար դրանց մի մասը կարելի է չգծել: Բերգշտրիխները անհրաժեշտ է ցույց տալ ջրբաժան գծերի, ողալվեգների եւ փակ հորիզոնականների դեպքում:

Հորիզոնականների նիշերը գրվում են դարչնագույնով: Դրա համար հորիզոնականները, ինչպես ասվել էր, որոշ տեղերում ընդհատվում են, նիշերը արտահայտող թվերի հիմքերը ուղղվում են դեպի

լանջի ցածր մասը: Նիշերով օժտված հորիզոնականների թիվը պետք է լինի չափավոր, չծանրացնի հատակագիծը:

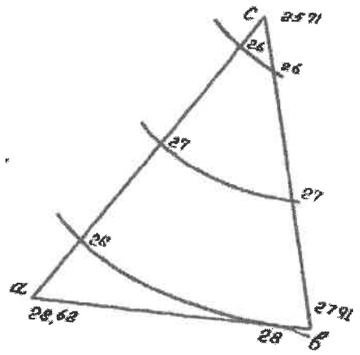
Ջրային տարածքների հատակները արտահայտվում են իզոբատներով, որոնք միացնում են հավասար խորություն ունեցող կետերը:

1.14.2. Հորիզոնականների կառուցումը հատակագծերի եւ քարտեզների վրա

Ռելիեֆի բնորոշ կետերը տեղադրում են գծագրի վրա ըստ ընտրված մասշտաբի եւ յուրաքանչյուր կետի մոտ գրում են դրա նիշը: Միացնում են հարեւան կետերը միմյանց այնպես, որ ստացված գծերը, որոնք անվանվում են ինտերպոլացիոն (միջարկման) գծեր, կազմեն միմյանց հետ եռանկյուններ: Յուրաքանչյուր եռանկյունին պետք է դասավորված լինի լանջի վրա, այսինքն, համընկնի լանջի մակերեւույթի հետ: Ստացված եռանկյունիների կողմերի վրա գտնում են այն կետերի դիրքը, որոնցով պետք է անցնեն հորիզոնականները: Այդ գործողությունը անվանում են ինտերպոլացիա, դա կարող է իրականացվել կա՛մ վերլուծական, կա՛մ գրաֆիկական եղանակով:

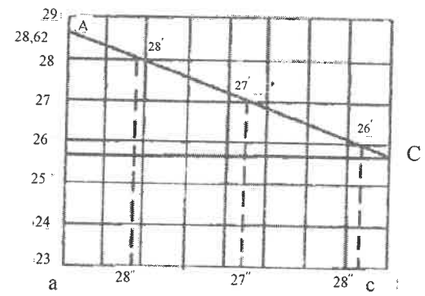
Վերլուծական ինտերպոլացիայի դեպքում հաշվարկում են բնորոշ կետից (եռանկյան գագաթից) մինչեւ տվյալ ինտերպոլացիոն կետը եղած հեռավորությունը ըստ տվյալ կողմի թեքության եւ հորիզոնականների հատվածքի արժեքի:

Գործնականում ավելի հաճախ օգտագործում են գրաֆիկական եղանակները՝ օգտվելով թափանցիկ թղթից կամ միլիմետրաթղթից: Կառուցման հաջորդականությունը միլիմետրաթուղթ օգտագործելու դեպքում հետեւյալն է : Ենթադրենք, հատակագծի վրա անհրաժեշտ է անցկացնել հորիզոնականներ՝ ունենալով որոշակի քանակությամբ բնորոշ կետեր իրենց նիշերով: Դրա համար ռելիեֆային հանույթի ընթացքում անհրաժեշտ տվյալներ են ստանում բնորոշ կետերի դիրքը հատակագծի վրա կառուցելու եւ դրանց բարձրությունները հաշվարկելու համար: Բնորոշ կետերի շարքում անպայման պետք է լինեն բլուրների գագաթները, դրանց ստորոտները (հիմքերի կետերը), լանջերի կորացման կետերը, որտեղ ջրբաժան կամ ջրհավաք գծերը փոխում են իրենց թեքությունները եւ այլն: Բնորոշ կետերի միջեւ հեռավորությունները , կախված մասշտաբից եւ ռելիեֆից, սահմանափակվում են հատուկ հրահանգներով: Կարեւոր է հանույթի ընթացքում նշել բոլոր հարեւան երկու բնորոշ կետերը, որոնց միջեւ գծերը ունեն չփոփոխվող թեքություն: Այդպիսի հատվածները անվանում են ինտերպոլացիոն: Դրանք պետք է գտնվեն լանջի մակերեւույթի վրա: Դիտարկենք a եւ c կետերը միացնող ինտերպոլացիոն հատվածը (նկ.1.47):



Նկ.1.47

Դիցուք՝ դրա ծայրակետերի բարձրություններն են՝ H_A=28.62 մ, H_C=25.71 մ, եւ պահանջվում է դրանց միջեւ անցկացնել հորիզոնականներ h=1 մ հատվածքով: Միլիմետրաթուղթը կտրում կամ ծալում են դրա սանտիմետրանոց հաստացված գծերից մեկի ուղղությամբ եւ համատեղում են a եւ c կետերի հետ: Այնուհետեւ այդ կետերում կամավոր մասշտաբով ac գծին ուղղահայաց տեղադրում են A եւ C կետերի նիշերը ac գծի պայմանական ընդունված նիշի նկատմամբ: Պրոֆիլի վրա ստացված A եւ C կետերը միացնում են մատիտով գծված հատվածով (նկ1.48):



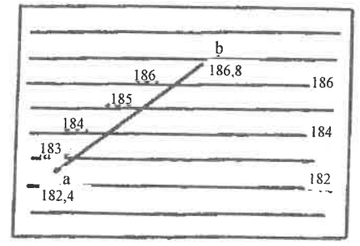
Նկ.1.48

Բացի ac գծի պայմանական 23 մ նիշից պրոֆիլի վրա գրված են հաջորդ սանտիմետրանոց գծերի նիշերը՝ 24-29: Այդ գծերի եւ AC գծի հատման 26′, 27′, 28′ կետերը պրոյեկտում են ac գծի վրա:

Ստացված 26″, 27″, 28″ կետերը համապատասխանում են 26, 27, 28 մետր նիշեր ունեցող հորիզոնականներին: Նույն եղանակով գտնում են նշված հորիզոնականներին համապատասխանող կետերը ab եւ bc հատվածների վրա: Միացնելով նշված երեք կողմերի վրա ստացված միեւնույն նիշերին համապատասխանող կետերը միմյանց սահուն կորերով՝ ստանում են հորիզոնականները տվյալ եռանկյան սահմաններում:

Հորիզոնականների կառուցումը թափանցիկ թղթի (կալկայի) օգնությամբ

Թափանցիկ թղթի վրա գծում են միմյանց զուգահեռ գծեր՝ 3, 4 կամ 5 միլիմետր հեռավորության վրա: Գծերի համարակալումը կատարում են հորիզոնականների բարձրություններին համապատասխան, օրինակ, h=1 մ հատվածքի դեպքում կլոր մետրերին (ամբողջ թվով) համապատասխանող թվերով (նկ.1.49):



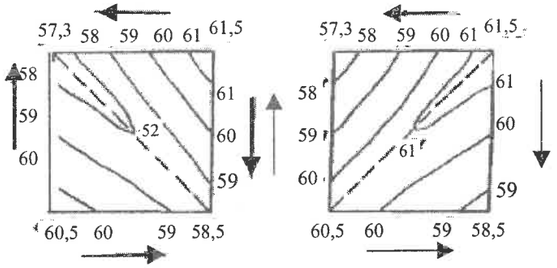
Նկ.1.49

Դրանից հետո կալկան դնում են ինտերպոլացվող գծի վրա, օրինակ, ab հատվածի, որի ծայրակետերի նիշերն են՝ H_A=182.4 մ եւ H_B=186.8 մ, եւ պտտում են այնպես, որ a կետը համընկնի զուգահեռ գծերից այն երեւակայական գծիկի հետ, որի նիշը հավասար է 182.4 մ, իսկ b կետը միեւնույն ժամանակ համընկնի 186.8 նիշ ունեցող գծիկի հետ: Անհրաժեշտ է նշել, որ պալետի (նկ.1.49) վրա գրված են միայն կլոր թվերին համապատասխանող նիշերը, այդ թվերի արանքում գտնվող գծիկների դիրքը որոշվում է աչքաչափով: Այնուհետեւ, սեղմելով կալկան քղթին (հատակագծին)՝ սուր ասեղով տեղափոխում են կալկայի վրա տարված գծիկների եւ ab հատվածի հատման կետերը հատակագծի վրա՝ գրելով ստացված կետերի մոտ հորիզոնականների նիշերը: Միմյանց մոտ գտնվող եռանկյունների

կողմերի վրա ինտերպոլացիան ավարտելուց հետո սահուն կորերով, առանց որեւէ սարքերից օգտվելու, անցկացնում են հորիզոնականները՝ նկատի ունենալով դրանց հետեւյալ հատկությունները:

Հորիզոնականները չեն կարող հատվել միմյանց հետ, չեն կարող ճյուղավորվել կամ բաժանվել մասերի:

Այն դեպքերում, երբ հորիզոնականները անց են կացվում քառակուսիների գագաթների նիշերի համաձայն (օրինակ՝ մակերեսի մակարդակաչափման դեպքում), կարեւոր է ճիշտ տանել քառակուսի-

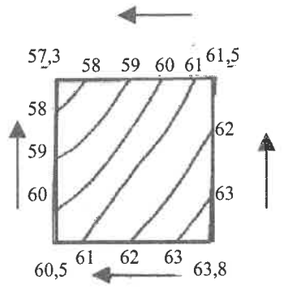


Նկ.1.50ա **Նկ.1.50բ**

ների անկյունագծերը, որոնցով անցկացվելու է ինտերպոլացիան: Անկյունագծերը տանելու շնորհիվ ստացված եռանկյունիները պետք է համընկնեն հողի մակերեսի հետ: Այդ պայմանի ապահովումը ստուգվում է հանույթի ընթացքում: Ենթադրենք օրինակի համար, որ անհրաժեշտ է կառուցել հորիզոնականները գծագրի վրա (նկ.1.50ա), բերված քառակուսու գագաթների նիշերի համաձայն: Եթե որպես ինտերպոլացիոն գծեր ընդունենք քառակուսու կողմերը եւ կետագծով նշված անկյունագիծը, ապա h=1 մ հատվածքի դեպքում հորիզոնականները անցկացնելուց հետո կունենանք (նկ.1.50ա)-ի վրա բերված պատկերը: Գծագրի (նկ.1.50բ) վրա որպես ինտերպոլացիայի գիծ ընդունված է քառակուսու երկրորդ անկյունագիծը: Արդյունքում ստացվել է հորիզոնականների ուրիշ պատկեր:

Անհրաժեշտ է նշել, որ եթե քառակուսու հակառակ կողմերի թեքության անկյունները ունեն հակառակ նշաններ (դա երեւում է կողմերի ծայրակետերի նիշերից), ապա անկյունագծերի անցկացումը համարվում է պարտադիր:

Գծագրի (նկ.1.50գ) վրա ցույց է տրված այն դեպքը, երբ քառակուսու հակառակ կողմերը ունեն



Նկ.1.50գ

միեւնույն նշանի թեքության անկյուններ:

Այդպիսի դեպքերում բավական է ինտերպոլացիան կատարել քառակուսու բոլոր կողմերով առանց անկյունագծերը տանելու: Պարզության համար տեղանքի ցածրացող ուղղությունները ցույց են տրվում սլաքներով:

1.15. Տեղագրական քարտեզների եւ հատակագծերի վրա լուծվող խնդիրները

Կետի աշխարհագրական կոորդինատների որոշումը

Քարտեզի շրջանակի ներքին բարակ գծերը իրենցից ներկայացնում են տվյալ թերթը սահմանափակող միջօրեականների եւ զուգահեռականների պրոյեկցիաները (նկ.1.33): Արտաքին շրջանակի վրա տրվում է րոպեների ցուցանակը (չկալան) a երկարություն ունեցող սեւ եւ սպիտակ հատվածների ձեւով միջօրեականի ուղղությամբ եւ e երկարություն ունեցող հատվածներով՝ զուգահեռականի ուղղությամբ: k կետի աշխարհագրական $B_K(\varphi_K)$ լայնությունը որոշելու համար TK հատվածը չափակարկինով տեղափոխվում է միջօրեականի րոպեների ցուցանակի վրա T′K′ ղրությամբ: Մեր օրինակում B_K=55°20′45″, տվյալ դեպքում 55°20′-ն T′ կետի լայնությունն է, իսկ 0′45″-ը դա T′K′=b հատվածին համապատասխանող անկյունն է, որը հավասար է $\frac{b}{a}\cdot 60'' = 45''$:

K կետի պրոյեկտումը զուգահեռականի րոպեների ցուցանակի վրա հնարավորություն է տալիս որոշել աշխարհագրական երկայնությունը՝ $L_K(\lambda_K)$-ն: Դիտարկվող օրինակում L_K= 24°01′28″ (տվյալ դեպքում շրջանակի արեւմտյան կողմի երկայնությունը հավասար է 24°00′ եւ e + c հատվածի երկարությունը համապատասխանում է 1′28″ անկյանը (e=1′, $\frac{c}{e}\cdot 60'' = 28''$):

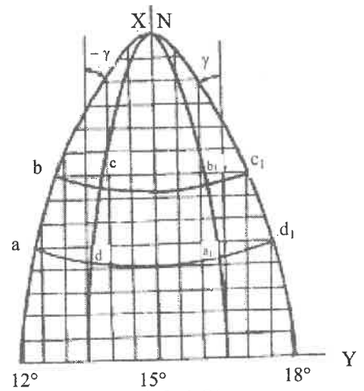
Հոնայական ուղղանկյուն կոորդինատների որոշումը

Քարտեզի շրջանակի վրա գրված են կիլոմետրային ցանցի X եւ Y աբսցիսները եւ օրդինատները: Օրինակ՝ X=6115 թիվը նշանակում է կիլոմետրային ցանցի հորիզոնական գծի հեռավորությունը հասարակածից կիլոմետրերով: Y=5281 թվի մեջ 5 թիվը ցույց է տալիս 6°-ոց կոորդինատային զոնայի համարը: Օրդինատի իրական արժեքը կլինի 281-500= –219 կմ, հաշված 5-րդ զոնայի առանցքային միջօրեականից:

Գծագրի վրա (նկ.1.33) P կետի ուղղանկյուն կոորդինատները կլինեն X=6115+ΔX, Y=5281+ΔY, որտեղ՝ ΔX=n·M, ΔY=ℓ·M: n-ը PP″ հատվածի երկարությունն է քղթի վրա, իսկ ℓ-ը հավասար է PP′ հատվածին: M-ը քարտեզի մասշտաբի հայտարարն է: ΔX եւ ΔY մեծությունները կարելի է որոշել՝ օգտվելով անմիջապես տվյալ քարտեզի թվային մասշտաբին համապատասխանող լայնական կամ գծային մասշտաբից: Այդ մեծությունները արտահայտված են կիլոմետրերով:

Գծերի կողմնորոշման համար անհրաժեշտ անկյունների որոշումը

Ինչպես երեւում է գծագրից (նկ.1.51), a,b,c,d (կամ a_1, b_1, c_1, d_1) շրջանակների կողմերը զուգահեռ չեն ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգի առանցքներին:



Նկ.1.51

Կիլոմետրային ցանցի դասավորությունը աշխարհագրական (իրական) միջօրեականների նկա
մամբ ցույց է տալիս, որ եթե առանցքային միջօրեականը դասավորված է տվյալ քարտեզի թերթից դ
պի արեւելք, օրինակ, a,b,c,d թերթը, ապա γ մերձեցման անկյունը կունենա բացասական նշան: Ե
առանցքային միջօրեականը գտնվում է տվյալ քարտեզի թերթից արեւմուտք, օրինակ, a_1, b_1, c_1,
ապա γ անկյունը կլինի դրական: Հիշենք, որ γ=A-α, այսինքն, գծի ազիմուտի եւ դիրեկցիոն անկյ
տարբերությանը: γ անկյունը քարտեզի վրա ցույց է տրված սխեմատիկորեն (նկ.1.33):

Քարտեզի վրա որեւէ հատվածի (ուղղության) աշխարհագրական ազիմուտը որոշելու համա
օրինակ, MN ուղղության ազիմուտը, անհրաժեշտ է շարունակել հատվածը մինչեւ քարտեզի շրջանա
կի հետ հատվելը (մինչեւ M_1 կետը, նկ.1.33):

Քանի որ շրջանակի ուղղությունը համընկնում է աշխարհագրական միջօրեականի հետ M_1 կ
տում, ուրեմն, չափելով փոխադրիչի օգնությամբ A անկյունը, մենք կստանանք M_1N ուղղության ազ
մուտը: Նույն ուղղության դիրեկցիոն անկյունը չափվում է ցանցի (X առանցքի) դրական ուղղությ
նկատմամբ, դա կլինի $\alpha_1=\alpha_{MN}$ անկյունը:

Դիրեկցիոն անկյունը՝ α-ն, չափելուց հետո կարելի է աշխարհագրական ազիմուտը ստանալ հա
վարկի միջոցով՝

$$A^{h}_{MN} = \alpha_{MN} + (-\gamma) = \alpha_{MN} - \gamma$$

Մագնիսական ազիմուտը ստանալու համար օգտվում են (1.15) բանաձեւից՝

$$A^{\delta}_{MN} = A^{h}_{MN} - \delta = \alpha_{MN} - \gamma - \delta \qquad (1.15)$$

Քարտեզի կողմնորոշումը տեղամասի վրա

Քարտեզը բուսոլի օգնությամբ կողմնորոշելիս անհրաժեշտ է նկատի ունենալ, որ բուսոլի ab եւ
կողմերը զուգահեռ են օղակի զրոյական տրամագծին: Դրանից ելնելով՝ նշված կողմերից մեկը, օր
նակ, ab-ն (նկ.1.33), համատեղում են աշխարհագրական միջօրեականի SN ուղղության հետ: Ե
մագնիսական սլաքի հակման անկյունը արեւելյան է (դրական), օրինակ, δ=2°15′, ապա քարտե
պտտում են այնքան, մինչեւ սլաքի հյուսիսային ծայրը համընկնի 2°15′ բաժանքի հետ 0°-ից դեպ
արեւելք: Այսպիսով, քարտեզը կլինի կողմնորոշված ըստ աշխարհագրական միջօրեականի:

1.16. Ճարտարագիտական խնդիրների լուծումը հորիզոնականների օգնությամբ

Տարբեր տեսակի ճարտարագիտական կառուցվածքներ նախագծելիս (ջրանցքներ, ճանապար
ներ, հրապարակներ եւ այլն), կամ հատակագծից տեղամասի վրա նախագծերը տեղափոխելիս, ան
րաժեշտ է լինում հորիզոնականների օգնությամբ լուծել մի շարք կարեւոր խնդիրներ:

Կետերի նիշերի որոշումը

Այս խնդրի լուծման ընթացքում հնարավոր է երեք դեպք:

1) n կետը (տեղամասի N կետի հորիզոնական պրոյեկցիան) գտնվում է որեւէ հորիզոնակա
վրա (նկ.1.45): Այս դեպքում դրա նիշը՝ H_N-ը, հավասար կլինի այդ հորիզոնականի նիշին, ո
հաշվարկում են հետեւյալ բանաձեւից՝ $H_N=H_M+kh$: H_M –ը N կետից ցածր գտնվող մոտակ
հաստացված հորիզոնականի նիշն է, իսկ k-ն այդ հորիզոնականի եւ N կետի միջեւ h հա
վածքների թիվն է: Համաձայն գծագրի (նկ.1.45)՝ H_N=900մ+1·2մ=902մ: Նույն նիշը կարելի
ստանալ նաեւ հանելով հաջորդ հաստացված հորիզոնականից 4h մեծությունը՝ H_N=910
4·2մ=902մ:
2) Եթե անհրաժեշտ է որոշել փակ հորիզոնականի ներսում գտնվող ամենաբարձր կետը, օր
նակ, բլուրի գագաթի նիշը, կամ փոսորակի հատակի նիշը, ապա համարում են, որ այդ նի
մեծ է (կամ փոքր է) մոտակա հորիզոնականի նիշից 0.5h-ի չափով: Օրինակ՝ C կետի նիշը հ
վասար է 910 մ+0.5·2 մ=911 մ:

3) Երբ b կետը գտնվում է հատակագծի վրա երկու հորիզոնականների արանքում, ապա լանջի վրա գտնվող B կետի նիշը որոշվում է հետեւյալ կերպ: Հատակագծի վրա b կետով տանում են mn գիծը (նկ.1.45) այնպես, որ դա հատի երկու հարեւան հորիզոնականները ամենակարճ ճանապարհով, այսինքն, մոտավորապես հորիզոնականներին ուղղահայաց: Չափակարկինով լայնական մասշտաբի վրա տեղադրում են mn եւ mb հատվածները եւ որոշում դրանց մեծությունը, որից հետո հաշվարկում են B կետի նիշը հետեւյալ բանաձեւով՝

$$H_B = H_M + h_b = H_M + \frac{mb}{mn}\cdot h = H_M + \frac{h}{d}\cdot d_1, \qquad (1.16)$$

որտեղ՝ H_M–B կետի նկատմամբ ցածր գտնվող մոտակա հորիզոնականի նիշն է ,
h_b՝ B կետի վերազանցումն է M կետի նկատմամբ:

Գծագրի (նկ.1.46) վրա ցուցադրված է MN գծի պրոֆիլը, դրա հորիզոնական պրոյեկցիան d-ն (թեքվածքը), N եւ M կետերի բարձրությունների տարբերությունը՝ h-ը (հատվածքը): Բանաձեւը (1.16) բխում է այդ գծագրից:

Գծի թեքության որոշումը

Գծագրից (նկ.1.46) երեւում է, որ MN հատվածի ծայրակետերի h վերազանցման հարաբերությունը դրա d հորիզոնական պրոյեկցիային հավասար է MN հատվածի թեքության ν անկյան տանգենսին: Այդ հարաբերությունը անվանում են գծի թեքություն կամ գծի անկում եւ նշանակում են i տառով: Ուստի՝

$$i = tg\nu = \frac{h}{d} \qquad (1.17)$$

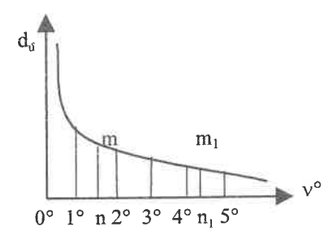
Թեքությունը որոշելուց հետո կարելի է հաշվարկել ν թեքության անկյան մեծությունը: Բանաձեւից (1.17) երեւում է, որ միեւնույն h հատվածքի դեպքում լանջի վրա B կետով անցնող գծերի թեքությունները հակառակ համեմատական են դրանց հորիզոնական d պրոյեկցիաներին: Ամենամեծ հնարավոր թեքությունը կունենա այն գիծը տվյալ լանջի վրա, որի հորիզոնական պրոյեկցիան կհատի հարեւան հորիզոնականները ամենակարճ ճանապարհով: Ջրոյական թեքություն կունենա B կետով անցնող այն գիծը, որի հաջորդ կետերի նիշերը հավասար լինեն նախորդ կետերի նիշերին, այսինքն, դա իրենից կներկայացնի հորիզոնականի գիծը: Հատակագծի վրա այդ գծի պրոյեկցիան ցույց է տրված կետ գծով (նկ.1.45):

Բանաձեւ (1.17)-ից բխում է նաեւ, որքան մոտիկ լինեն հորիզոնականները միմյանց, այնքան մեծ կլինի լանջի առավելագույն թեքությունը եւ հակառակը, որքան հեռու են հարեւան հորիզոնականները միմյանցից, այնքան փոքր է լանջի հնարավոր առավելագույն թեքությունը:

Ամեն մի կոնկրետ դեպքում (1.17) բանաձեւով կարելի է հաշվարկել ցանկացած գծի թեքությունը եւ թեքության անկյունը: Սակայն ավելի հարմար է օգտվել հատուկ նոմոգրամմներից:

Թեքության անկյունների համար թեքվածքների նոմոգրամը կառուցվում է հետեւյալ կերպ (նկ.1.52ա): Հորիզոնական գծի վրա տեղադրվում են հավասար՝ 1 կամ 1,5սմ երկարություն ունեցող հատվածներ եւ յուրաքանչյուր հատվածի կողքը գրում են հաջորդաբար 1°, 2°, 3° եւ այլն:

Դրանից հետո հաշվարկում են նշված աստիճաններին համապատասխանող d թեքվածքները

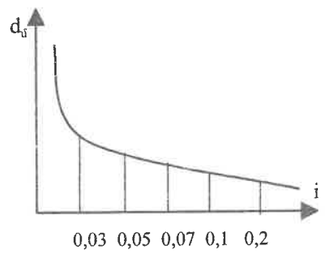


Նկ.1.52ա

(1.18) բանաձեւով, որը բխում է (1.17) բանաձեւից՝

$$d = \frac{h}{i} = h \cdot ctg\nu \qquad (1.18)$$

Ստացված d_1, d_2..... մեծությունները $\nu=1°$, $\nu=2°$..... թեքության անկյունների համար հատուկ կազմի մասշտաբով տեղադրում են ուղղագիծ ուղղությամբ յուրաքանչյուր աստիճանի դիմաց: Հատվածների ծայրերը միացնում են սահուն կորով, որը կներկայացնի d թեքվածքների նոմոգրամը թեքության անկյունների համար (նկ.1.52ա): Ունենալով այդ նոմոգրամը՝ կարող ենք գտնել ցանկացած m_1 եւ m_1n_1 պրոյեկցիաներ ունեցող MN եւ M_1N_1 գծերի թեքության անկյունները՝ ν եւ ν_1 -ը: Դրա համար անհրաժեշտ է կարկինով հատակագծից հաջորդաբար չափել d եւ d_1 հատվածները եւ նոմոգրամի վրա գտնել դրանց համապատասխանող m_1 եւ m_1n_1 կետերը, իսկ հորիզոնական գծի վրա ընթերցել $\nu=1.6°$ եւ $\nu'=4.3°$ թեքության անկյունների մեծությունները:



Նկ.1.52բ

Ճարտարագիտական կառուցվածքներ նախագծելիս եւ իրագործելիս սովորաբար օգտվում են ոչ թե թեքության անկյուններից, այլ գծերի թեքություններից՝ $i = tg\nu = \frac{h}{d}$ բանաձեւից երեւում է, որ երբ d=1 մետրի, թեքությունը հավասար է վերազանցմանը, i=h-ի, այսինքն, գծի թեքությունը՝ i-ն, իրենից ներկայացնում է գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի յուրաքանչյուր մետրին համապատասխանող մետրերով արտահայտված վերազանցումը: Այսպես, օրինակ, երբ i=0.1, նշանակում է, որ յուրաքանչյուր մեկ մետր երկարության վրա (d=1 մետր) գիծը բարձրանում է 0.1 մետրով: Այս դեպքում 100 մետր երկարության վրա վերազանցումը հավասար կլինի՝ h=i·d=0.1·100=10 մ, իսկ քանի որ 10 մետրը կազմում է 100-ի 10%-ը, ուրեմն i թեքությունը կարելի է արտահայտել տոկոսներով: Այսպես, օրինակ, եթե i=5.5%, նշանակում է, որ d=100 մետր երկարության դեպքում հատվածի ծայրակետերի վերազանցումը կլինի 5.5 մետր: Եթե i=-5.5%, վերազանցումը կլինի բացասական՝ h=-5.5 մ:

Այն դեպքերում, երբ թեքությունները փոքր են, ընդունված է դրանք արտահայտել հազարերորդական կաններով: Այսպես, եթե i=0.015, ասում են, որ թեքությունը հավասար է 15 հազարերորդականի, այսինքն, d=1000 մ երկարության դեպքում հատվածի ծայրակետերի վերազանցումը կազմում է 15 մ կամ d=100 մ դեպքում՝ 1.5 մետր:

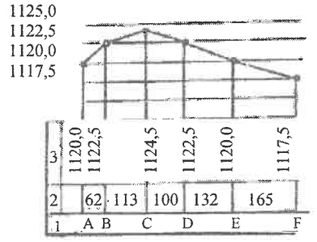
Թեքվածքի գրաֆիկը i թեքությունների համար բերված է գծագրի վրա (նկ.1.52բ): Հորիզոնական առանցքի վրա գրված են թեքությունների արժեքները: Ուղղաձիգ ուղղությամբ տեղադրված են i թեքություններին համապատասխանող, մետրերով արտահայտված d պրոյեկցիաների արժեքները, որոնք հաշվարկված են $d = \frac{h}{i}$ բանաձեւով:

Տեղանքի պրոֆիլի կառուցումը

Քարտեզի (նկ.1.33) վրա AF ուղղությամբ տեղանքի պրոֆիլը ցույց է տրված գծագրի (նկ.1.53) վրա:

Պրոֆիլի մասշտաբներն են $1:M_h$՝ հորիզոնական գծերի համար, եւ $1:M_m$՝ ուղղաձիգ գծերի համար: Սովորաբար ուղղաձիգ մասշտաբը հորիզոնական մասշտաբից 10 անգամ խոշոր է: Մեր օրինակում քարտեզի մասշտաբն է 1:10000 ($1:M_h$):

Պրոֆիլի ցանցի առաջին տողում նշված են AF ուղղության եւ հորիզոնականների հատման կետերը: Նշված է նաեւ ամենամեծ նիշ ունեցող C կետը: Դրա նիշը որոշվել է $H_C=H_R+\frac{d_1}{d}\cdot h$ բանաձեւով,



Նկ.1.53

որտեղ H_R=1122.5 մ, h=2.5 մ, իսկ d եւ d_1 որոշվել են լայնական մասշտաբի օգնությամբ (նկ. 1.33):

Երկրորդ տողում գրված են մետրերով արտահայտված հարեւան կետերի միջեւ հորիզոնական հեռավորությունները: Դրանք չափվել են քարտեզի վրա:

Երրորդ տողում բերված են կետերի նիշերը: Դրանք տեղադրվել են $1:M_m$ մասշտաբով ցանցին ուղղահայաց գծերի վրա եւ ստացված հատվածների ծայրերը միացվել են միմյանց: Քանի որ ուղղաձիգ մասշտաբը 10 անգամ խոշոր է հորիզոնական մասշտաբից, պրոֆիլի վրա գծերի թեքությունները աղավաղված են (մեծացված են) տեղանքի ռելիեֆը ավելի պատկերավոր դարձնելու համար:

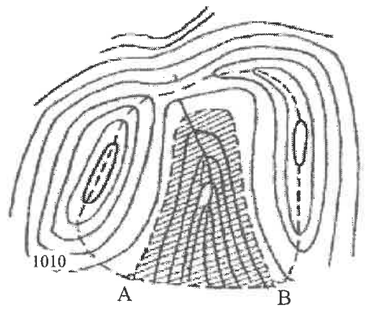
Քարտեզի վրա որոշակի թեքություն ունեցող գծի անցկացումը

Ենթադրենք, անհրաժեշտ է նախագծել քարտեզի վրա ապագա ճանապարհի առանցքը այնպես, որ դա միացնի J եւ Z կետերը միեւնույն թեքություն ունեցող գծերով: Եթե յուրաքանչյուր գծի թեքությունը պետք է հավասար լինի 0.01 (1%), քարտեզի մասշտաբն է 1:10000, իսկ հորիզոնականների հատվածքը 2.5 մ է (նկ.1.33), ապա երկու հարեւան հորիզոնականների միջեւ գծի հորիզոնական պրոյեկցիան կարելի է հաշվարկել (1.18) բանաձեւից: Դա հավասար կլինի 250 մ: Այդ երկարությունը քարտեզի վրա կհամապատասխանի 2.5 սմ: Կարկինի ծայրերը հեռացնում են միմյանցից 2.5 սանտիմետրով եւ Z կետից հատում են հաջորդ հորիզոնականը W կետում: Այնուհետեւ հատումը կատարում են W կետից, որոշում են L կետի դիրքը եւ այլն: ZWLKGJ գիծը, որը քարտեզի վրա բեկյալ գիծ է, պրոֆիլի վրա կներկայացնի ուղիղ գիծ եւ դրա թեքությունը հավասար կլինի 0.01-ի:

Ջրհավաք մակերեսի սահմանների որոշումը քարտեզի վրա

Ջրհավաք մակերեսը իրենից ներկայացնում է տեղանքի այն մասը, որի վրայով հոսող անձրեւաջրերը եւ ձյան հալումից առաջացած ջրերը հավաքվում են ընդհանուր ջրամբարի մեջ: Ենթադրենք, AB գիծը ներկայացնում է ջրամբարի ամբարտակի առանցքը (նկ.1.54):

A եւ B կետերից քարտեզի վրա տանում են հորիզոնականներին ուղղահայաց ջրբաժան գծերը: Գծագրի վրա կետ գծով անցկացված այդ գծերը կսահմանափակեն ջրհավաք մակերեսը:



Նկ.1.54

Ջրամբարի մակերեսի եւ ծավալի որոշումը

Ենթադրենք, ամբարտակի A եւ B կետերը տեղադրվել են քարտեզի վրա դրա մակարդակին (H_a) նիշին համապատասխան: Այդ կետերից (նկ.1.54) տանում են կետ գծով այն հորիզոնականը, որի նիշը հավասար է H_a: Ստացված կոր գծով եւ ամբարտակի AB առանցքով սահմանափակված մակերեսը հավասար կլինի ջրի հայելու մակերեսին: Դրա մեծությունը՝ P-ն, կարելի է չափել պլանիմետրի կամ պալետի օգնությամբ (§ 5.2):

Ջրամբարի մոտավոր ծավալը կարելի է որոշել պալետի միջոցով հետեւյալ կերպ: Պալետը դնում են կամայական դիրքում ջրամբարի հայելու մակերեսի վրա եւ յուրաքանչյուր քառակուսու մեջտեղի կետում որոշում են հորիզոնականների օգնությամբ այդ կետի նիշը՝ H_i-ն: Այնուհետեւ հաշվարկում են ջրամբարի խորությունը h_i յուրաքանչյուր քառակուսու մեջտեղի կետում հետեւյալ բանաձեւից՝ $h_i=H_a-H_i$:

Ջրամբարի ծավալը հավասար կլինի՝ $V = P\sum\frac{h_i}{n} = P \cdot h_{\text{միջին}}$,

որտեղ՝ n-ը կետերի թիվն է, $h_{\text{միջին}}$-ը միջին խորությունն է:

Ստուգման համար ծավալը որոշում են երկու անգամ՝ տեղադրելով պալետը տարբեր դիրքերում:

1.17. Թվանշանային եւ էլեկտրոնային քարտեզներ

Քարտեզագրման նպատակով վերջին տասնամյակում կիրառվում են նաեւ քարտեզների նոր տեսակներ՝ թվանշանային եւ էլեկտրոնային քարտեզներ, որոնք ստեղծվում են ավտոմատացված քարտեզագրական համակարգերի (ԱՔՀ) եւ գեոլրատվական համակարգերի (ԳԼՀ) օգնությամբ:

Թվանշանային քարտեզը տեղանքի թվանշանային մոդելն է, որը գրանցված է մեքենայական կրողի վրա: Կետերը, գծերը եւ մակերեսները բնութագրվում են տարածական կոորդինատներով եւ կոդերով (ծածկագրերով):

Էլեկտրոնային քարտեզները տարբերվում են նրանով, որ բացի թվանշանային քարտեզների վրա կոդերով արտահայտված տարրերից, դրանց ստեղծման ժամանակ օգտագործվում են պայմանական նշաններ (նախշանկարներ, չափեր, գույներ), անունների տակագրեր (տպատառ, չափեր, գույներ):

Քարտեզագրական լրատվության ներկայացումը եւ պահպանումը էլեկտրոնային քարտեզների տեսքով ունի մի շարք առավելություններ ավանդական քարտեզների պահպանման նկատմամբ:

Էլեկտրոնային տեխնոլոգիաները ապահովում են մեծ տնտեսական էֆեկտ: Ստեղծվում է հնարավորություն անընդհատ ճեւափոխումներ մտցնել քարտեզի մեջ, դրա օգտագործման ընթացքում: Հնարավորություն է ստեղծվում պատվիրատուի ցանկությամբ իրականացնել ցանկացած քարտեզներ, ցանկացած մասշտաբներով եւ այլն:

Էլեկտրոնային քարտեզները ստեղծվում են գոյություն ունեցող քարտեզների հիման վրա, որոնք տպագրված են թղթի վրա, օդալուսանկարների, տիեզերական նկարների եւ այլ աղբյուրների օգտագործման միջոցով:

Նոր տեսակի կոմպյուտերային քարտեզների առավելությունները հետեւյալն են.

1. ծախսերի պակասեցումը պարզ քարտեզներ ստեղծելիս, արտադրողականության բարձրացումը;
2. մեծ ճկունություն արդյունքների ներկայացման ժամանակ;
3. մասշտաբի եւ պրոյեկցիայի փոփոխությունների գործողության պարզեցումը հնարավորություն է տալիս հեշտությամբ հարմարեցնել քարտեզը պատվիրատուի պահանջներին;
4. թվանշանային տվյալների բազմատեսակ օգտագործման հնարավորությունը:

ԳԼՈՒԽ 2

ԳԵՈԴԵԶԻԱԿԱՆ ՉԱՓՈՒՄՆԵՐԻ ՍԽԱԼՆԵՐԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ

2.1. Հասկացողություն չափումների մասին

Սխալների տեսության եզրակացությունները հիմնված են ռեալ ֆիզիկական մեծությունների չափման արդյունքների վրա, ուստի նախ եւ առաջ անհրաժեշտ է պարզաբանել չափում գործողության իմաստը եւ ծանոթանալ դրա հետ կապված մի շարք հասկացողությունների հետ:

Չափել որեւէ ֆիզիկական մեծություն (գծի երկարությունը, ուղղածիգ կամ հորիզոնական անկյունը, վերազանցումը եւ այլն) նշանակում է համեմատել այն ուրիշ համանման մեծության հետ, որը ծառայում է որպես չափման միավոր:

Չափման շնորհիվ ստացվում է վերացական թիվ՝ N, որը ցույց է տալիս, թե քանի անգամ է չափման միավորը՝ q-ն, տեղադրվել կամ տեղավորվել չափվող մեծության մեջ, այսինքն՝

$$N = \frac{Q}{q}$$

Այդ հարաբերությամբ կարելի է որոշել չափվող մեծության չափման արդյունքը՝

$$Q=Nq, \qquad (2.1)$$

որը կներկայացնի անվանական թիվ:

Ցանկացած չափման արդյունքը արտահայտվում է անվանական թվով, որն ունի թվային նշանակություն՝ N եւ անվանում, վերջինս ցույց է տալիս, թե ինչպիսի ֆիզիկական միավորներով է դա արտահայտված:

Տարբեր միավորների դեպքում միեւնույն մեծության չափման արդյունքը կունենա տարբեր թվային նշանակություններ:

Գեոդեզիական աշխատանքների ժամանակ կատարվում են գծային եւ անկյունային չափումներ:

Որպես գծային չափումների միավոր ընդունված է մետրը, որն իրենից ներկայացնում է չափանիշ մականի երկարությունը: Դա պատրաստված է պլատինի եւ իրիդիումի համաձուլվածքից 1889թ. եւ պահվում է Փարիզում: 28 համարի մականը գտնվում է Սանկտ-Պետերբուրգի Մենդելեեւի անվան Չափագիտության գիտահետազոտական ինստիտուտում: Միավորների Միջազգային համակարգում SI (System international) սկսած 1983 թվականից մետրն ընդունված է հավասար այն հեռաորությանը, որը լույսն անցնում է վակուումում 1:299792458 վայրկյանում:

Հորիզոնական եւ ուղղածիգ անկյունների չափման միավոր է ծառայում 1°-ը, որը ուղիղ անկյան 1/90 մասն է: 1°-ը պարունակում է 60 անկյունային րոպե, իսկ րոպեն՝ 60 անկյունային վայրկյան :

Որոշ պետություններ կիրառում են գրադային համակարգը: 1 գրադը ուղիղ անկյան 1/100-ն մասն է, դա պարունակում է 100 գրադային րոպե:

Ժամանակակից ավտոմատացված անկյունաչափական գործիքներում որպես չափման միավոր ծառայում է 1 գոնը, որը հավասար է 1 գրադի կամ 54 անկյունային րոպեի: 1 գոնի հազարերորդական մասը կոչվում է միլիգոն, դա հավասար է 3,24 անկյունային վայրկյանի:

Si համակարգում հարթ անկյունը չափվում է ռադիանով՝ ռադ (rad):

Ռադիանը շրջանագծի այն երկու շառավիղներով կազմված անկյունն է, որոնց միջեւ աղեղի երկարությունը հավասար է շառավղի երկարությանը:

2.2. Ուղղակի եւ անուղղակի չափումներ

Ֆիզիկական մեծության թվային նշանակությունը կարելի է որոշել երկու չափման մեթոդով:

Այն չափումները, որոնց ժամանակ չափման միավորն անմիջական համեմատության մեջ է դրվում չափվող մեծության հետ, կոչվում են ուղղակի չափումներ:

Հորիզոնական անկյունը կարելի է չափել թեոդոլիտով՝ արտահայտելով անկյան թվային նշանակություններ աստիճաններով եւ րոպեներով:

Տեղանքի գիծը կարելի է չափել հաջորդաբար՝ այդ գծի վրա դնելով չափող սարքը, չափերիզը կամ ժապավենը:

Այն չափումները, որոնց ժամանակ տվյալ մեծությունը ստացվում է հաշվարկով այլ մեծությունների ուղղակի չափման մեթոդով ստացված արդյունքների հիման վրա, կոչվում են անուղղակի չափումներ: Օրինակ, եթե որոշվող գիծն իրենից ներկայացնում է եռանկյան կողմերից մեկը, ապա դրա մեծությունը կարելի է հաշվել սինուսների թեորեմի համաձայն, եթե հայտնի լինեն եռանկյան մյուս կողմի եւ համապատասխան անկյունների մեծությունները:

Եռանկյան անկյուններից որեւէ մեկը, օրինակ, A-ն կարելի է ստանալ, եթե չափված են մյուս երկու անկյունները՝ B-ն եւ C-ն:

$$A=180°-(B+C)$$

Այսպիսով, երբ տվյալ ֆիզիկական մեծությունն անմիջական չափման չի ենթարկվել, այլ դրա նշանակությունը որոշվել է կողմնակի ճանապարհով՝ ուրիշ մեծությունների չափման արդյունքների հիման վրա, ընդունված է համարել, որ տվյալ մեծությունը չափվել է անուղղակի:

2.3. Հավասարաճիշտ եւ անհավասարաճիշտ չափումներ

Հավասարաճիշտ են համարում տվյալ մեծության այնպիսի չափումները, որոնք կատարվել են միանման պայմաններում, այսինքն՝ չափումների պրոցեսում օգտագործվել են հավասար ճշտություն ունեցող գործիքներ, միջավայրի պայմանները եղել են միատեսակ (օդի ջերմաստիճանը, ճնշումը, խոնավությունը, հողի վիճակը եւ այլն մնացել են անփոփոխ, կամ փոխվել են աննշան), չափումները կատարվել են միեւնույն մեթոդով եւ միեւնույն փորձ ունեցող անձանց կողմից:

Եթե չափումների ժամանակ պայմանները լրիվ միանման չեն եղել, այդպիսի չափումները եւ չափման արդյունքները անվանում են անհավասարաճիշտ:

2.4. Անհրաժեշտ եւ լրացուցիչ չափումներ

Անհրաժեշտ են անվանում այն չափումները, որոնք հնարավորություն են տալիս ստանալու չափվող մեծության մեկ արժեքը:

Անհրաժեշտ չափումներից ավելի կատարված չափումները անվանում են լրացուցիչ: Օրինակ՝ գծի երկարությունը որոշելու համար պետք է գիծը չափել առնվազն մեկ անգամ: Այսպիսով, անհրաժեշտ չափումների քանակը տվյալ դեպքում հավասար կլինի մեկի: Եթե գիծը չափվի n անգամ, ապա այդ չափումների արդյունքներից որեւէ մեկը կլինի անհրաժեշտ (դա պետք է տվյալ գծի երկարության մասին գաղափար կազմելու համար), իսկ մնացած (n-1) արդյունքները կլինեն լրացուցիչ:

Գեոդեզիական եւ մարկշեյդերական բոլոր տեսակի աշխատանքներում չափումները կազմակերպվում են այնպես, որ անհրաժեշտ չափումներից բացի կատարվեն նաեւ լրացուցիչ չափումներ:

Պետք է նշել, որ սխալների տեսության բանաձեւերի արտածումները հնարավոր են միայն լրացուցիչ չափումների առկայության դեպքում:

2.5. Չափումների սխալները

Մեզ շրջապատող իրականության մեջ որեւէ մեծության չափումները հնարավոր չէ իրագործել բացարձակ ճշտությամբ: Այսինքն՝ հնարավոր չէ որոշել չափվող մեծության իրական նշանակությունը, որովհետեւ չափումների արդյունքները իրենց մեջ պարունակում են այս կամ այն մեծությամբ այսպես կոչվող չափումների սխալներ: Այդ սխալների պատճառով չափումների արդյունքները որոշ մոտավորությամբ են արտահայտում տվյալ մեծության իրական նշանակությունը: Դրա համար էլ անհրաժեշտ է ուսումնասիրել այդ սխալները՝ դրանց ազդեցությունը չափման արդյունքներից հնարավոր չափով վերացնելու համար:

Չափումների ժամանակ առաջացած սխալների պատճառները հայտնաբերելու համար անհրաժեշտ է ծանոթանալ չափումներին ուղեկցող գործոնների հետ:

Յուրաքանչյուր մեծության չափումը կատարվում է հինգ հիմնական գործոնների՝ չափվող օբյեկտի, չափող անձի (սուբյեկտի), չափող գործիքի, արտաքին պայմանների եւ չափման մեթոդի ներգործության պայմաններում:

Չափման արդյունքների վրա մեծ մասամբ առավել ազդեցություն ունեն 2-րդ, 3-րդ եւ 4-րդ գործոնները: Բոլոր գործոնների ազդեցության շնորհիվ, չափման արդյունքն իր մեջ պարունակում է մի ընդհանուր սխալ, որը հանդիսանում է մի շարք առանձին տարրական սխալների գումար: Այդ ընդհանուր սխալը, այսինքն՝ տվյալ չափման արդյունքի սխալը անվանում են բացարձակ իրական սխալ:

Եթե իրական սխալը նշանակենք Δ-ով, չափվող մեծության իրական նշանակությունը X-ով, իսկ չափման արդյունքը ℓ -ով, ապա իրական սխալը կլինի՝

$$\Delta=\ell-X, \qquad (2.2)$$

այսինքն՝չափման արդյունքի եւ իրական (ճշգրիտ) նշանակության տարբերությունը: ℓ -ը կարող է X-ից կամ փոքր լինել, կամ էլ մեծ, դրա համար էլ Δ-ն կարող է ունենալ թե դրական եւ թե բացասական նշաններ:

Քանի որ չափվող մեծության իրական X նշանակությունը անհայտ է լինում, հետեւաբար, անհայտ է դառնում իրական Δ սխալի որոշելը (2.2) բանաձեւից: Բայց եւ այնպես սխալների տեսությունը, ինչպես կտեսնենք, հնարավորություն է տալիս գաղափար կազմելու այդ սխալների մասին եւ գործնական աշխատանքների համար կարեւոր հետեւություններ անել:

Անհրաժեշտ է նշել, որ մի շարք դեպքերում չափվող մեծությունները միմյանց հետ կապված են լինում ճշգրիտ մաթեմատիկական բանաձեւերով: Այսպիսի դեպքերում, չնայած չափվող մեծությունները մնում են անհայտ, սակայն նախօրոք հայտնի է լինում դրանց հանրահաշվական գումարի ճիշտ մեծությունը: Օրինակ՝ հայտնի է, որ փակ բազմանկյան ներքին անկյունների գումարը հավասար է 180°(n-2), որտեղ n-ը բազմանկյան գագաթների թիվն է:

Կամ էլ, փակ բազմանկյան ձեւ ունեցող մակարդակաչափման ընթացքի համար վերազանցումների հանրահաշվական գումարը հավասար է զրոյի եւ այլն:

Այս կամ այն ֆիզիկական մեծության չափման ժամանակ առաջացող ընդհանուր սխալը հնարավոր սահմաններում նախապես նվազեցնելու նպատակով անհրաժեշտ է այն դիտել որպես մի քանի տարրական սխալների գումար եւ ապա այդ սխալները ուսումնասիրել իրարից անկախ, առանձին-առանձին:

Ըստ սխալների հատկանիշների դրանք բաժանվում են 3 տեսակի՝

ա) կոպիտ սխալներ,

բ) սիստեմատիկ (համակարգված) սխալներ,

գ) պատահական սխալներ:

2.6. Կոպիտ սխալներ

Տարբեր մեծությունների չափման ժամանակ ստացված որոշ սխալները կոպիտ են համարվում այն պատճառով, որ դրանց արժեքը դուրս է գալիս տվյալ պայմաններում չափման հնարավոր ճշտության սահմաններից:

Կոպիտ սխալների տեսակներին են պատկանում նախ եւ առաջ չափումների եւ հաշվումների ընթացքում անփութության հետեւանքով թույլ տրված վրիպումները:

Հասկանալի է, որ անհրաժեշտ է կոպիտ սխալները ժամանակին բացահայտել եւ վերացնել: Դա կատարելու համար բոլոր դեպքերում պետք է ունենալ համապատասխան ստուգման միջոց: Հաշվումների արդյունքներն ստուգելու համար դրանք կատարում են երկու անգամ, սովորաբար երկու տարբեր հաշվողների կողմից կամ տարբեր բանաձեւերով:

Ինչ վերաբերում է չափումներին, ապա գեոդեզիական եւ մարկշեյդերական աշխատանքներում ցանկացած դեպքում չափումը կատարվում է մի քանի անգամ, համենայն դեպս ոչ պակաս երկու անգամից: Տվյալ մեծության բազմաթիվ չափումները հնարավորություն են տալիս ժամանակին հայտնա-

բերել եւ խոտանել այն չափման արդյունքը, որը ստացվել է կոպիտ սխալով: Որպեսզի հնարավորություն ունենանք տվյալ չափման ℓ_1, ℓ_2.... արդյունքներից անջատել այն արդյունքը, որի իրական սխալը կոպիտ է տվյալ պայմանների համար, անհրաժեշտ է սահմանել ճշտությունը գնահատող չափանիշ, այսինքն՝ անհրաժեշտ է նախօրոք գիտենալ այն սխալը, որը կարելի է թույլ տալ (թույլատրելի սխալ) տվյալ պայմաններում չափումներ կատարելիս: Ունենալով այդ չափանիշը՝ հեշտությամբ կարելի է պատասխանել վերոհիշյալ խնդրին: Տվյալ չափումների արդյունքներից պետք է անթույլատրելի համարել այն՝ ℓ_i արդյունքը, որի իրական Δ_i սխալը իր բացարձակ չափով մեծ է թույլատրելի սահմանային սխալի ($\Delta_{սահմ.}$) բացարձակ չափից:

Այսպիսով, այն չափումների կամ հաշվարկների արդյունքները, որոնց սխալները գերազանցում են թույլատրելի մեծությունները, պետք է խոտան համարել:

Ահա այն կարեւոր առաջին խնդիրը, որի պատասխանը տալիս է սխալների տեսությունը: Դրա զուգընթաց, անհրաժեշտ է նշել, որ միեւնույն մեծության բազմակի չափումները, ստուգման միջոց ծառայելուց բացի, ունեն ուրիշ շատ անհրաժեշտ նպատակներ: Ինչպես կտեսնենք հետագայում, միեւնույն մեծության չափումների ℓ_1, ℓ_2.... արդյունքները հնարավորություն են ստեղծում տվյալ չափվող մեծության X նշանակությանը ավելի մոտ արժեք ստանալու, քան առանձին վերցրած արդյունքներից որեւէ մեկն է: Դա կլինի երկրորդ կարեւոր խնդիրը, որի լուծումը տրվում է սխալների տեսության մեջ:

Ուստի սխալների բաշխման օրինաչափությունները հետագայում հետազոտելիս համարելու ենք, որ այդ սխալների շարքում կոպիտ սխալներ չկան:

2.7. Սիստեմատիկ սխալներ

Սիստեմատիկ սխալ է համարվում իրական Δ սխալի այն մասը, որը մնում է հաստատուն կամ փոփոխվում է որոշակի օրինաչափությամբ միեւնույն մեծության չափումների ընթացքում: Սիստեմատիկ է համարվում նաեւ իրական սխալի այն մասը, որը փոփոխվելով պատահականորեն պահպանում է միեւնույն նշանը:

Ըստ ասածի տարբերում են երեք տեսակի սիստեմատիկ սխալներ.

1) հաստատուն,
2) փոփոխական,
3) միակողմանի ազդող:

Օրինակ՝ ժապավենի կամ չափերիզի երկարության մեջ հայտնաբերված սխալը կհամարվի հաստատուն, որովհետեւ ամեն անգամ չափող սարքը տեղադրելիս այն կմնա անփոփոխ: Որպես փոփոխական սխալի օրինակ կարելի է համարել անկյունային չափումների ժամանակ այն նշանի լուսաբության փոփոխումը, որին ուղղվում է դիտակի դիտոցային առանցքը: Վերջապես, միակողմանի սիստեմատիկ սխալի օրինակ կարող է ծառայել ժապավենը չափվող գծի ուղղության վրա ոչ ճիշտ տեղադրելուց առաջացող սխալը: Սիստեմատիկ սխալների ազդեցությունը չափման արդյունքների վրա վերացվում կամ զգալիորեն նվազեցվում է անհրաժեշտ ուղղումներ մտցնելու միջոցով, գործիքների անհրաժեշտ նախապատրաստումով եւ անհրաժեշտ չափման մեթոդներ կիրառելու ճանապարհով:

Սիստեմատիկ սխալների վերացման ուղիները ուսումնասիրվում են առանձին չափումներ ուսումնասիրող գիտությունների կողմից:

Այսուհետեւ սխալների տեսության հիմունքները ուսումնասիրելիս կհամարենք, որ չափումների արդյունքները չեն պարունակում ոչ միայն կոպիտ, այլեւ սիստեմատիկ սխալներ:

2.8. Պատահական սխալներ

Ենթադրենք, թե տվյալ մեծության հավասարաճիշտ չափումների ℓ_1, ℓ_2.... արդյունքների մեջ հնարավոր է եղել վերացնել կոպիտ սխալները եւ սիստեմատիկ սխալների մի մասը, իսկ մնացած մասը դարձնել աննկատելի: Հետեւապես ենթադրվում է, որ ամեն մի ℓ_i արդյունքի Δ_i իրական սխալի մեջ չկա ոչ սիստեմատիկ եւ ոչ էլ կոպիտ սխալ: Հարց է ծագում, ինչպիսին կլինեն այդ դեպքում Δ_1, Δ_2

իրական սխալները, ինչ հատկություններ կունենան դրանք եւ կարելի՞ է արդյոք ազատվել նաեւ այդ սխալներից, թե դրանք անխուսափելի են, եւ մենք ստիպված ենք հանդուրժել դրանց այդ մշտական առկայությանը, ձգտելով միայն հնարավորին չափով նվազեցնել դրանց ազդեցությունը:

Այդ հարցերին պատասխանելու համար նախ պարզենք սխալների հատկությունները, քննարկելով հետեւյալ օրինակները: Աղյուսակ 2.1 –ում բերված են իրական սխալների երեք շարքեր: Ամեն մի շարքում իրական Δ_i սխալը որոշված է $\Delta_i = \ell_i - X$ բանաձեւով, ըստ որում ենթադրվում է, որ չափվող մեծության իրական X արժեքը նախապես հայտնի է եղել: Օրինակ՝ եթե ℓ-ը եռանկյան երեք անկյունների գումարն է, X=180°: Աղյուսակում սխալները դասավորված են ըստ կատարված չափումների հաջորդականության: Հետազոտելով սխալների դասավորությունը, դրանց մեծությունները եւ նշանները, կարելի է համոզվել հետեւյալում:

Սխալների դասավորության մեջ որոշակի ֆունկցիոնալ օրինաչափություն չի նկատվում, նշանները մերթ դրական են, մերթ՝ բացասական, դրանց մեծությունները մեկ՝ մեծանում են, մեկ՝ փոքրանում: Դիտելով աղյուսակի մի քանի սխալներ՝ երբեք հնարավոր չէ ասել, թե հաջորդ սխալը նախորդի նկատմամբ ինչպիսին կլինի իր չափով եւ նշանով: Կարելի է միայն ասել, որ տվյալ շարքում ամենամեծ սխալը իր բացարձակ արժեքով ինչ չափի է հասնում: Այսպիսի դեպքերում ասում են, որ դասավորությունը կրում է պատահական բնույթ, եւ այդ պատճառով նման սխալները անվանում են պատահական սխալներ:

Պատահական սխալները ենթարկվում են, այսպես կոչված, վիճակագրական օրինաչափությանը եւ, որքան պատահական սխալների թիվը շատ լինի տվյալ շարքում, այսինքն, որքան տվյալ մեծության չափումները բազմաթիվ լինեն, այնքան այդ օրինաչափությունը բացահայտ կդառնա, եւ ընդհակառակը, փոքր քանակով կատարված չափումների դեպքում կարող է այն նկատելի չլինել:

Աղյուսակ 2.1

	Իրական սխալներ			Իրական սխալների քառակուսիները		
	1-ին շարք	2-րդ շարք	3-րդ շարք	1-ին շարք	2-րդ շարք	3-րդ շարք
1	4	2	-8	16	4	64
2	1	-3	-2	1	9	4
3	-8	5	3	64	25	9
4	2	1	6	4	1	36
5	-3	-2	-4	9	4	16
6	-5	-6	-5	25	36	25
7	4	3	-5	16	9	25
8	6	-4	13	36	16	169
9	7	4	4	49	16	16
10	-3	-11	-10	9	121	100
11	4	10	3	16	100	9
12	-6	7	3	36	49	9
13	-7	-5	-2	49	25	4
14	5	-3	1	25	9	1
15	-5	4		25	16	1
$\frac{[\Delta]}{n}$	-0.27″	+0.13″	-0.13″	Σ= 380	Σ=440	Σ= 488
$Q = \frac{[\lvert\Delta\rvert]}{n}$	4.67″	4.67″	4.67″			
$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$				5.03″	5.41″	5.70″

Վիճակագրական օրինաչափությունը պատահական սխալների դասավորության մեջ բխում է դրանց հետեւյալ հատկություններից:

1. Պատահական սխալները չեն կարող բացարձակ մեծությամբ գերազանցել որոշ սահմանը: Սահմանային պատահական սխալի մեծությունը կախված է չափման պայմաններից, այսինքն՝ գործիքի ճշտությունից, չափման մեթոդից, դիտողի հմտությունից, միջավայրի պայմաններից եւ այլն:

Ըստ 2.1 աղյուսակի առավելագույն սխալը իր բացարձակ մեծությամբ շարքերում եղել է 8″, 11″ եւ 13″: Իհարկե, ավելի մեծ թվով չափումների դեպքում այդ սխալները կարող են եւ ավելի մեծ ստացվել, սակայն միեւնույնն է, դրանք չեն կարող գերազանցել տվյալ պայմաններին համապատասխանող սահմանային սխալները:

Եթե պատահական սխալների շարքում սխալներից որեւէ մեկը գերազանցի սահմանային սխալը, ապա դա պետք է համարվի կոպիտ սխալ եւ վերացվի հետագա ուսումնասիրություններից:

Ինչպես նշվեց վերեւում, չափազանց կարեւոր է գիտենալ այն պատահական սխալի չափը, որը ընդունվում է տվյալ պայմանների եւ չափումների համար որպես սահմանային:

Այդ հարցի պատասխանը հնարավոր կլիներ ստանալ պատահական սխալների հատկությունները ուսումնասիրելուց հետո:

2. Պատահական սխալների շարքում դրական եւ բացասական սխալները, երբ չափումների թիվը ձգտում է անսահմանության՝ $n\to\infty$, կրկնվում են հավասար հաճախականությամբ:

3. Միեւնույն մեծության հավասարաճիշտ չափումների պատահական սխալների միջին թվաբանականը ձգտում է մոտենալ զրոյի, երբ այդ չափումների թիվը անսահմանորեն աճում է.

Երրորդ հատկությունը անվանվում է նաեւ կոմպենսացիայի հատկություն, որը առաջին երկու հատկությունների հետեւանք է եւ մեծ դեր է խաղում սխալների տեսության կառուցման համար:

Մաթեմատիկորեն այդ հատկությունը արտահայտվում է այսպես՝

$$\lim_{n\to\infty}\frac{\Delta_1+\Delta_2+\ldots+\Delta_n}{n}=0, \qquad (2.3)$$

իսկ օգտագործելով Հաուսի կողմից առաջարկված նշանակումը,կունենանք՝

$$\lim_{n\to\infty}\frac{[\Delta]}{n}=0$$

4. Տվյալ պատահական սխալների շարքում, իրենց բացարձակ մեծությամբ, փոքր սխալները մեծերից ավելի հաճախ են հանդիպում:

Վերջին հատկությունը բնորոշ է պատահական սխալների շարքերի մեծամասնությանը: Սակայն որոշ պատահական սխալներ այդ հատկությունը կարող են չունենալ, օրինակ, կլորացման սխալները:

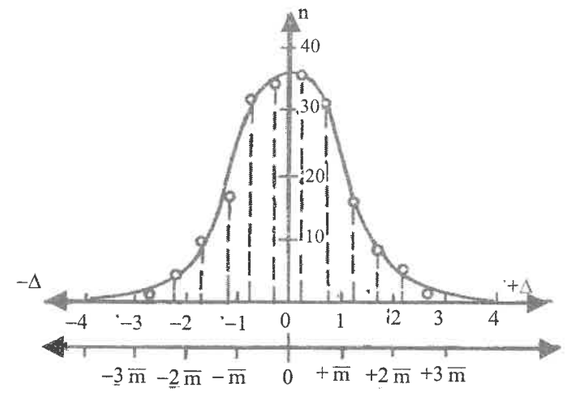
Երբ պատահական սխալների շարքը ունի 4-րդ հատկությունը, ասում են, որ դա ենթարկվում է պատահական սխալների նորմալ բաշխմանը: Դա նշանակում է հետեւյալը: Ենթադրենք, որ փորձի ընթացքում միեւնույն h վերազանցումը չափվել է նույն պայմաններում 200 անգամ: Պատահական սխալները հաշվարկվել են $\Delta_i=\ell_i-X$ բանաձեւով, որտեղ X-ը նախապես հայտնի է: Ստացված արդյունքները ըստ իրենց բացարձակ արժեքների (մոդուլի) բաշխվել են 2.2 աղյուսակում եւ 2.1 նկարի վրա բերված հաջորդականությամբ:

Գծագրի (նկ.2.1) X առանցքի վրա տեղադրված են Δ սխալների դրական եւ բացասական արժեքները: Յուրաքանչյուր միջակայքի մեջտեղի կետից ուղղահայացի վրա տեղադրված է տվյալ միջակայքին (0-0.5, 0.5-1, ……) համապատասխանող սխալների քանակը: Ստացված կետերը միացնող սահուն կորը արտահայտում է տվյալ մեծություն եւ նշան ունեցող սխալի հայտնվելու հաճախությունը: Դա արտահայտում է Հաուսի նորմալ բաշխման օրինաչափությունը:

5. Եթե տվյալ շարքում Δ սխալների թիվը մեծ է, ապա կարելի է գրել՝

$$\lim_{n\to\infty}\frac{\Delta_1^2+\Delta_2^2+\ldots+\Delta_n^2}{n}=\lim\frac{[\Delta^2]}{n}=\overline{m}^2 \qquad (2.4)$$

$\overline{m}^2$ հաստատունը անվանում են դիսպերսիա, իսկ $\overline{m}=\sqrt{\overline{m}^2}$ -ը՝ ստանդարտ: Դա իրենից ներկայացնում է տվյալ պայմաններում առաջացող պատահական Δ_i սխալների միջին քառակուսային սխալի տեսական արժեքը:



Նկ.2.1

Աղյուսակ 2.2

Պատահական սխալի մոդուլը	Սխալների թվերը ըստ նշանների	
մմ	+	–
0 - 0.5	34	36
0.51 - 1.0	30	29
1.01 - 1.5	17	18
1.51 - 2.0	11	10
2.01 - 2.5	6	5
2.51 - 3.0	2	1
3.01 - 3.5	0	1
$\sum n_i$	100	100

6. Եթե կատարվել են երկու շարք չափումներ $\Delta_1', \Delta_2', \ldots \Delta_n'$ եւ $\Delta_1'', \Delta_2'' \ldots \Delta_n''$ պատահական սխալներով, եւ այդ շարքերի սխալները անկախ են միմյանցից, ապա այդ շարքերի զույգ արտադրյալների համար իրավացի են սխալների 1-ին եւ 3-րդ հատկությունները: Ուստի կարելի է գրել՝

$$\lim_{n\to\infty}\frac{[\Delta_i'\cdot\Delta_i'']}{n}=0 \qquad (2.5)$$

Այսպիսով, պատահական են համարվում այնպիսի անխուսափելի սխալները, որոնց համար բնորոշ են վերոհիշյալ հատկությունները:

Պատահական սխալների անխուսափելիությունը բացատրվում է նրանով, որ դրանք առաջանում են այնպիսի փոփոխությունների շնորհիվ, որոնց կանխումը կամ հաշվարկումը անհնարին է յուրաքանչյուր չափման ժամանակ:

2.9. Չափման արդյունքների ճշտության գնահատումը

2.9.1. Միջին քառակուսային սխալը

Ենթադրենք որեւէ մեծություն, որի իրական արժեքը՝ X-է, չափվել է միեւնույն պայմաններում երեք տարբեր դիտողների կողմից: Չափման արդյունքները բերված են 2.1 աղյուսակի երեք սյուներում: Հարց է ծագում, թե որ° չափումներն են ավելի մեծ վստահության արժանի, որ° արդյունքներն են ավելի հուսալի արտահայտում չափվող մեծության իրական X արժեքը:

Այդ հարցին պատասխանելու համար անհրաժեշտ է սահմանել որոշակի չափանիշ՝ տվյալ շարքի ցանկացած առանձին չափման արդյունքի ճշտությունը գնահատելու համար:

Ճշտության այսպիսի չափանիշ սահմանելով՝ հնարավորություն կունենանք նաեւ պատասխանելու հետեւյալ կարեւոր հարցերին: Որքանով են տվյալ շարքի արդյունքները համապատասխանում այն հնարավորություններին եւ այն ճշտությանը, որ կարելի է ստանալ տվյալ պայմաններում աշխատանքի ճիշտ կազմակերպման դեպքում:

Աղյուսակում բերված յուրաքանչյուր սխալը՝ Δ-ն ստացվել է որպես եռանկյան անկյունների գործնական (չափումներից ստացված) եւ տեսական գումարի տարբերություն՝ $\Delta = \sum_{1}^{3} \beta^{q} - 180^{\circ}$:

Յուրաքանչյուր շարքի իրական սխալները պատահական սխալներ են, որովհետեւ շարքը ունի պատահական սխալների բոլոր հատկությունները:

Հարց է առաջանում, որն է թվային (քանակական) չափանիշը, որը հնարավորություն կտա գնահատել չափման արդյունքների ճշտությունը:

Առաջին հայացքից միտք է ծագում, որ չափանիշ կարող է ծառայել յուրաքանչյուր շարքի համար դրա սխալների բացարձակ արժեքների գումարի միջին թվաբանականը, որն անվանում են միջին սխալ՝

$$\theta = \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| + \ldots + |\Delta_n|}{n} = \frac{[|\Delta|]}{n} \qquad (2.6)$$

Եթե հաշվարկենք միջին սխալը բոլոր շարքերի համար, ապա կհամոզվենք, որ $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 4.67''$: Ուստի միջին սխալների տվյալներով երեք դիտողների կողմից ստացված արդյունքները միջին հաշվով ունեն նույն ճշտությունը:

Սակայն հարցին կարելի է մոտենալ ուրիշ տեսակետից: Եթե ուշադիր նայենք երրորդ շարքում բերված տվյալներին, ապա կտեսնենք, որ բացարձակ արժեքով ամենամեծ սխալը հավասար է 13″, երկրորդ եւ առաջին շարքում դա համապատասխանաբար 12″ եւ 8″ է: Չնայած երրորդ շարքում կան ավելի շատ թվով փոքր մեծություն ունեցող սխալներ, սակայն այդ շարքում առկա է նաեւ ամենամեծ բացարձակ արժեք ունեցող սխալը (13″): Այս հանգամանքը ավելի քիչ վստահություն է ներշնչում դրա նկատմամբ եւ երրորդ շարքի տվյալները պետք է համարել ավելի պակաս հուսալի (պակաս ճշտություն ունեցող) երկրորդ եւ առաջին շարքերի տվյալների նկատմամբ: Իսկ ինչպե՞ս դա արտահայտենք մաթեմատիկորեն (քանակապես): Դրա համար բավական է գումարելուց առաջ բոլոր Δ սխալները քառակուսի բարձրացնել: Խոշոր սխալները այս դեպքում անմիջապես կբացահայտեն իրենց ներկայությունը: Եթե նման ճանապարհով ստացված գումարը բաժանենք սխալների թվի վրա եւ հանենք քառակուսի արմատ, կստանանք մի արտահայտություն, որը կոչվում է միջին քառակուսային սխալ եւ նշանակվում է m տառով՝

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} \qquad (2.7)$$

Միջին քառակուսային սխալի հասկացողությունը առաջարկվել է Հաուսի կողմից:

Աղյուսակում (2.1) բերված սխալների շարքերի համար միջին քառակուսային սխալները կլինեն՝

I $\quad m_1 = \sqrt{\frac{380}{15}} = 5.03''$,

II $\quad m_2 = \sqrt{\frac{440}{15}} = 5.41''$,

III $\quad m_3 = \sqrt{\frac{488}{15}} = 5.70''$:

Ինչպես տեսնում ենք, միջին քառակուսային սխալը մեծ է ստացվում այն շարքերի համար, որտեղ սխալները միմյանց նկատմամբ ավելի ցրված են եւ որտեղ բացարձակ արժեքով ավելի խոշոր սխալներ կան ու հետեւապես այն լավ է գնահատում չափման սխալների դիսպերսիան (ցրումը):

Գեոդեզիական եւ մարկշեյդերական աշխատանքներում միջին քառակուսային սխալն ընդունված է որպես ճշտության չափանիշ՝ չափումների արդյունքները գնահատելու եւ միմյանց հետ համեմատելու համար:

Այդ սխալը ցույց է տալիս, թե տվյալ շարքի ամեն մի չափման արդյունքը (ℓ_1, ℓ_2 ..... ℓ_n) միջին հաշվով ինչքանով կտարբերվի չափվող մեծության իրական արժեքից:

Բանաձեւից (2.7) երեւում է, որ չափումների քվի փոփոխման դեպքում կատարվող չափումների միջին քառակուսային սխալը n-ի տարբեր արժեքների դեպքում նույնը չի ստացվում: Եթե չափումների քիվը հաջորդաբար շատացնենք, ապա կտեսնանք, որ սկզբում m-ի փոփոխումները նկատելի կլինեն, բայց հետզհետե ինչքան n-ը մեծանա, այնքան m-ի հաջորդ արժեքները նախորդներից քիչ կտարբերվեն:

Կարելի է ասել, որ n-ի անսահման մեծանալու դեպքում միջին քառակուսային սխալը ձգտում է որոշակի մեծության:

Այստեղից բխում է, որ տվյալ չափման պայմաններում (որոշակի ճշտության գործիք, որոշակի մեթոդ եւ այլն) մեծ թվով չափումներից ստացված միջին քառակուսային սխալը ունի որոշակի արժեք, կամ հակառակը՝ միջին քառակուսային սխալը բնորոշում է տվյալ չափման պայմանները: Որոշակի պայմաններին համապատասխանում է որոշակի միջին քառակուսային սխալ անկախ նրանից, այդ սխալը մեզ հայտնի է, թե ոչ, թեկուզ եւ հարկ եղած դեպքում այն կարելի է գտնել այդ պայմաններում մեծ թվով հավասարաճիշտ չափումներ կատարելով: Այդ տեսակետից կարեւոր է նկատի ունենալ հետեւյալը: Եթե կատարված է, օրինակ, հորիզոնական անկյան չափումը մեկ լրիվ նվագով (շրջանը աջ եւ շրջանը ձախ) եւ հայտնի է , որ չափումը կատարվել է տվյալ ճշտությունը ունեցող գործիքով, որոշակի մեթոդով, որոշակի պայմաններում (օրինակ, լաբորատորիայում) եւ այդ պայմաններին ըստ տեխնիկական հրահանգների համապատասխանում է $\pm m''$ միջին քառակուսային սխալ, ապա ստացված ℓ արդյունքի դեպքում գրում են $\ell \pm m$:

Վերոհիշյալ դատողությունների հիման վրա տարբեր աշխատանքների համար տեխնիկական հրահանգներում սահմանված են թույլատրելի m սխալների համապատասխան արժեքներ:

Միջին քառակուսային սխալի ճգտումը հաստատուն մեծության չափման քվի n-ի անսահման մեծացման դեպքում մաթեմատիկորեն արտահայտվում է այսպես՝

$$\lim_{n\to\infty} \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} = \overline{m}, \qquad (2.8)$$

որտեղ $\overline{m}$-ը տվյալ պայմաններին համապատասխանող միջին քառակուսային սխալն է: Որոշ հեղինակներ այդ անվանում են տեսական սխալ՝ $m_{տ}$, ոմանք՝ ստանդարտ եւ նշանակում են σ: Քանի որ անսահման քվով չափումներ կատարելը գործնականորեն անհնարին է, ապա տեսական սխալը՝ $m_{տ}$-ը, մնում է մեզ անհայտ:

Սակայն մեծ քվով չափումներից (2.7) բանաձեւով ստացված միջին քառակուսային սխալը շատ մոտ կլինի տվյալ պայմաններին համապատասխանող միջին քառակուսային սխալին: Գործնականում (2.7) բանաձեւով հաշված միջին քառակուսային սխալները միշտ տարբերվում են տվյալ պայմաններին համապատասխանող $m_{տ}$ կամ σ սխալից:

Ուստի անհրաժեշտ է միջին քառակուսային սխալը հաշվելուց հետո գնահատել այդ հաշվման ճշտությունը, գտնելով, թե միջին հաշվով m-ն ինչքանով կարող է շեղվել տեսական արժեքից: Հավանականությունների տեսությունում ապացուցվում է, որ

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}} \qquad (2.9)$$

(2.9) բանաձեւից կարելի է ստանալ $\frac{m_m}{m} = \frac{1}{\sqrt{2n}}$ հարաբերական սխալը:

n-ի տարբեր արժեքների համար $\frac{m_m}{m}$ հարաբերական սխալը, տոկոսներով արտահայտված, կլինի հավասար աղյուսակում բերված արժեքներին:

Աղյուսակ 2.3

n	5	10	20	100
$\frac{\dot{m}_m}{m}$ 100%	32	22	16	7

Այժմ մենք կարող ենք պատասխանել վերեւում հիշատակված հետեւյալ հարցին, երբ որեւէ մեծություն որոշակի պայմաններում չափվել է n անգամ, ինչպե՞ս որոշել չափման արդյունքների ճշտությունը եւ պարզել տվյալ պայմանների համար դա բավարար է, թե ոչ:

Դրա համար որոշվում է առանձին արդյունքի միջին քառակուսային սխալը եւ այն համեմատվում է այդ պայմանների համար տեխնիկական հրահանգներում բերված միջին քառակուսային սխալի հետ: Ստացված սխալը պետք է փոքր լինի թույլատրելի սխալից, կամ լինի դրան հավասար:

Բացի միջին քառակուսային սխալից տվյալ մեծության չափման արդյունքների ճշտությունը կարելի է գնահատել միջին սխալի օգնությամբ, որը հավասար է $\theta = \frac{[|\Delta|]}{n}$, եւ հավանական սխալի r-ի օգնությամբ: Հավանական սխալի հասկացությունը բխում է հետեւյալից:

Ենթադրենք, տվյալ շարքի բոլոր Δ_i սխալները դասավորել ենք հաջորդականությամբ ըստ իրենց բացարձակ արժեքների, սկսած ամենափոքրից: Այն սխալը, որը ընկած կլինի ստացված շարքի մեջտեղում, անվանում են հավանական սխալ՝ r:

Հավանականության տեսության մեջ ապացուցվում է, որ մեծ թվով չափումների դեպքում թվարկված ճշտության չափանիշները կապված են միմյանց հետ հետեւյալ մոտավոր օրինաչափություններով՝

$$m \approx 1.253\theta,$$

$$m \approx 1.482r,$$

$$\theta \approx 0.7979m \approx \frac{4}{5}m,$$

$$r \approx 0.6745m \approx \frac{2}{3}m :$$

2.9.2. Սահմանային սխալը

Միջին քառակուսային սխալը ունի այն առավելությունը, որ դա հնարավորություն է տալիս առանց դժվարության գտնել սահմանային սխալը՝

$$\Delta_{սահմ}=3m \qquad (2.10)$$

Այս կապը ստացված է հավանականությունների տեսության հիման վրա: Դրա իմաստը կայանում է հետեւյալում: Եթե միեւնույն մեծությունը տվյալ պայմաններում չափվի 1000 անգամ եւ որոշվի միջին քառակուսային սխալը, ապա չափումների Δ իրական սխալներից միայն 3-ը կարող են լինել 3m-ից մեծ, այսինքն, 3m մեծություն ունեցող Δ սխալները շատ հազվադեպ են հանդիպում, դրանց հավանականությունը փոքր է, եւ այդ պատճառով էլ ասում են, որ իրական պատահական սխալների սահմանային արժեքն է 3m-ը: Տվյալ շարքում 3m-ից մեծ սխալները համարվում են կոպիտ: Գեոդեզիական չափումները կատարելիս բացառիկ չեն այն դեպքերը, երբ սահմանային սխալը որոշվում է, այսպես կոչված, կրկնակի միջին քառակուսային սխալի օրենքով, այսինքն, ընդունում են, որ $\Delta_{սահմ}=2m$: Պարզ է, որ այս դեպքում չափման արդյունքների նկատմամբ ավելի խիստ պահանջներ են առաջադրվում: Սահմանային սխալի այդ չափն ընդունվում է հիմնական գեոդեզիական եւ մի շարք այլ ճշգրիտ ու պատասխանատու աշխատանքներ կատարելիս:

Գեոդեզիական եւ մարկշեյդերական աշխատանքներ կատարելիս չափման արդյունքները մեծ մասամբ գնահատվում են սահմանային սխալի օգնությամբ:

Մարկշեյդերական, թեոդոլիտային, տախեոմետրային ընթացքներ անցկացնելիս, եռանկյունավորման եւ բազմանկյունաչափության ժամանակ անկյուններ չափելիս եւ այլն, հարկ է լինում ստացված անկապքները համեմատել հրահանգներում բերված դրանց թույլատրելի արժեքների հետ:

2.9.3. Հարաբերական սխալը

Գործնականում չափումների ճշտությունը հաճախ գնահատվում է հարաբերական սխալով: Այդպես են վարվում այն դեպքում, երբ միջին քառակուսային սխալի չափը, մյուս պայմաններից բացի, կախում ունի նաեւ չափվող օբյեկտի մեծությունից, ինչպես, օրինակ, գծերի չափման դեպքում: Հարաբերական սխալը հավասար է m միջին քառակուսային կամ $\Delta_{սահմ}$ սխալի եւ չափվող մեծության արժեքի ℓ-ի քանորդին, այսինքն՝

$$\frac{m}{\ell} \quad \text{կամ} \quad \frac{\Delta_{սահմ}}{\ell} \qquad (2.11)$$

$\frac{m}{\ell}$-ը անվանվում է հարաբերական միջին քառակուսային սխալ,

$\frac{\Delta_{սահմ}}{\ell}$-ը՝ հարաբերական սահմանային սխալ:

Ընդունված է հարաբերական սխալը արտահայտել այնպիսի պարզ կոտորակով, որի համարիչը 1 է, այսինքն, այն ներկայացնել

$$\frac{m}{\ell} = \frac{1}{\frac{\ell}{m}}$$

կոտորակի տեսքով:

Որոշ դեպքերում հարաբերական սխալը արտահայտում են տոկոսներով:

2.10. Միջին թվաբանականի սկզբունքը

Ինչպես նշվել է, սխալների տեսության կարեւոր խնդիրներից մեկն այն է, որ չափվող մեծության բոլոր արդյունքների հիման վրա պետք է գտնվի մի այնպիսի արժեք, որը լինի դրա X իրական մեծության ամենահուսալի արժեքը, այսինքն՝ X իրական մեծությանը ավելի մոտ լինի, քան չափման արդյունքներից առանձին վերցրած որեւէ մեկը:

Այդպիսի ամենահուսալի արժեք է համարվում տվյալ $\ell_1, \ell_2, \ldots$ հավասարաճիշտ արդյունքների միջին թվաբանականը՝ L-ը, որը հավասար է՝ $L = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ldots + \ell_n}{n}$,

կամ $$L = \frac{[\ell]}{n} \qquad (2.12)$$

Միջին թվաբանականը այնքան ավելի մոտ կլինի չափվող մեծության իրական արժեքին, որքան մեծ լինի չափումների քանակը: Միջին թվաբանականի այդ հատկությունը բացատրվում է հետեւյալ կերպ:

Չափման $\ell_1, \ell_2, \ldots$ արդյունքների պատահական իրական սխալները կլինեն՝

$$\Delta_1 = \ell_1 - X$$

$$\Delta_2 = \ell_2 - X$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\Delta_n = \ell_n - X$$

Գումարելով այս հավասարումները եւ բաժանելով n-ի, կստանանք՝

$$\frac{\Delta_1+\Delta_2+....+\Delta_n}{n}=\frac{\ell_1+\ell_2+.....+\ell_n}{n}-X,$$

կամ

$$\frac{[\Delta]}{n}=\frac{[\ell]}{n}-X,$$

որտեղ $\frac{[\ell]}{n}=L$ -ը միջին թվաբանականն է, հետեւապես՝

$$\frac{[\Delta]}{n}=L-X$$

Օգտվելով պատահական սխալների 3-րդ հատկությունից՝ կստանանք՝

$$\lim_{n\to\infty}\frac{[\Delta]}{n}=0,$$

$$\lim_{n\to\infty}L=X \qquad (2.13)$$

Այսինքն՝ միջին թվաբանականը ձգտում է չափվող մեծության իրական նշանակությանը, երբ չափումների թիվը ձգտում է անսահմանության:

2.11. Չափվող մեծությունների ֆունկցիաների միջին քառակուսային սխալները

1. Երկու անկախ չափված մեծությունների գումարի կամ տարբերության միջին քառակուսային սխալը:

Երկու անկախ չափված մեծությունների գումարը իրենից ներկայացնում է հետեւյալ տեսքի գծային ֆունկցիա՝

$$z=x+y, \qquad (2.14)$$

որտեղ x-ը եւ y-ը չափման արդյունքներն են, իսկ z-ը՝ ֆունկցիայի հաշված արժեքն է:

Այդ մեծությունների իրական անհայտ արժեքները ընդունենք X եւ Y:

Եթե (2.14) բանաձեւի մեջ x-ի եւ y-ի փոխարեն տեղադրվի դրանց X եւ Y արժեքները, ապա ֆունկցիայի իրական արժեքը՝ Z-ը, կլինի՝

$$Z=X+Y \qquad (2.15)$$

Հայտնի են x եւ y չափման արդյունքների միջին քառակուսային սխալները՝ m_x եւ m_y-ը: Անհրաժեշտ է գտնել z ֆունկցիայի հաշված արժեքի m_z միջին քառակուսային սխալը: Ամենից առաջ կապ հաստատենք ֆունկցիայի եւ արգումենտների Δ իրական սխալների միջեւ: Ենթադրենք, որ X մեծության չափման արդյունքներից որեւէ մեկը՝ x-ը, պարունակում է Δx իրական սխալը, իսկ Y մեծության չափման արդյունքը՝ y-ը, Δy սխալը: Այդ դեպքում Z ֆունկցիայի հաշված արժեքը՝ z, նույնպես սխալ կպարունակի, նշանակենք այն Δz-ով:

Այսպիսով կարող ենք գրել՝

$$X=x+\Delta x,$$

$$Y=y+\Delta y,$$

$$Z=z+\Delta z:$$

Ըստ (2.15) բանաձեւի՝

$$z+\Delta z=(x+\Delta x)+(y+\Delta y) \qquad (2.16)$$

Հանելով (2.16) հավասարումից (2.14)-ը՝ կստանանք իրական սխալների միջեւ կապը (2.14) ֆունկցիայի համար՝

$$\Delta z=\Delta x+\Delta y,$$

կամ

$$\Delta z_i=\Delta x_i+\Delta y_i \qquad (2.17)$$

Ենթադրենք, որ արգումենտները՝ x եւ y-ը, չափվել են n անգամ եւ ամեն անգամ թույլ են տրվել Δx_i եւ Δy_i պատահական սխալներ (i=1, 2…n):

Իրական սխալների միջեւ ստացված (2.17) արտահայտությունից միջին քառակուսային սխալներին անցնելու համար (դրանց կապը գտնելու համար) հավասարման յուրաքանչյուր կողմը բարձրացնենք քառակուսի եւ, տալով i-ին 1-ից մինչեւ n բոլոր արժեքները, գումարենք ստացված արտահայտությունները: Արդյունքում կստանանք՝

$$[\Delta z^2]=[\Delta x^2]+[\Delta y^2]+2\cdot[\Delta x\cdot\Delta y],$$

կամ

$$\frac{[\Delta z^2]}{n}=\frac{[\Delta x^2]}{n}+\frac{[\Delta y^2]}{n}+\frac{2[\Delta x\cdot\Delta y]}{n}$$

Քանի որ միջին քառակուսային սխալը որոշվում է $m=\sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$ բանաձեւով, ապա $\frac{[\Delta x^2]}{n}=m_x^2$ եւ $\frac{[\Delta y^2]}{n}=m_y^2$ իրենցից ներկայացնում են արգումենտների միջին քառակուսային սխալների քառակուսիները, իսկ $\frac{[\Delta z^2]}{n}=m_z^2$-ը կլինի ֆունկցիայի միջին քառակուսային սխալի քառակուսին, հետեւաբար՝

$$m_z^2=m_x^2+m_y^2+2\cdot\frac{[\Delta x\cdot\Delta y]}{n}:$$

Այժմ ենթադրենք, որ չափումների քանակն անսահմանորեն աճում է ($n\to\infty$), այդ դեպքում m_x-ը եւ m_y-ը ձգտում են հաստատուն մեծությունների (ստանդարտի):

Ինչ վերաբերում է $2\frac{[\Delta x\cdot\Delta y]}{n}$ արտահայտությանը, ապա այն պետք է ձգտի զրոյի, որովհետեւ յուրաքանչյուր $\Delta x\cdot\Delta y$, ըստ պայմանի լինելով երկու անկախ պատահական սխալների արտադրյալ, իրենից կներկայացնի նույնպես պատահական սխալ եւ, հետեւաբար, $[\Delta x\cdot\Delta y]$-ը կլինի պատահական սխալների գումար:

Պատահական սխալների 6-րդ հատկության համաձայն՝

$$\lim_{n\to\infty}2\frac{[\Delta x\cdot\Delta y]}{n}=0, \qquad (2.18)$$

հետեւաբար, n-ի անսահման մեծանալու դեպքում՝

$$m_z^2=m_x^2+m_y^2 \qquad (2.19)$$

Գործնականում (2.19) բանաձեւը խնդիրը լուծում է որոշ մոտավորությամբ, քանի որ n-ը անսահման լինել չի կարող:

Երբ ֆունկցիան ներկայացվում է երկու մեծությունների տարբերությանը՝

$$z=x-y,$$

$$m_z^2=m_x^2+m_y^2-2\cdot\frac{[\Delta x\cdot\Delta y]}{n}$$

եւ քանի որ ընդունում ենք $2\cdot\frac{[\Delta x\cdot\Delta y]}{n}=0$, ապա $m_z^2=m_x^2+m_y^2$:

Այսպիսով, ունենալով՝

$$z=\pm x\pm y \qquad (2.20)$$

տեսքի ֆունկցիա, որոշ մոտավորությամբ կարող ենք գրել՝

$$m_z^2=m_x^2+m_y^2$$

եւ

$$m_z=\sqrt{m_x^2+m_y^2} \qquad (2.21)$$

Մասնավոր դեպքում, երբ X եւ Y մեծությունները չափվում են միանման պայմաններում, այսինքն՝ $m_x = m_y = m$,

ապա $m_z = m\sqrt{2}$ (2.22)

Օրինակ 1: Եռանկյան մեջ չափվել են α եւ β անկյունները $m_\alpha = \pm 3''$, $m_\beta = \pm 4''$ միջին քառակուսային սխալներով: Որոշել երրորդ՝ γ անկյան միջին քառակուսային սխալը՝ m_γ-ն, եթե դա հաշվարկվել է $\gamma = 180° - (\alpha + \beta)$ բանաձեւով: Քանի որ 180°-ը հաստատուն թիվ է եւ սխալ չի պարունակում, կարող ենք ասել, որ ունենք 2.20 տեսքի ֆունկցիա եւ համաձայն 2.21-ի՝

$$m_\gamma = \sqrt{m_\alpha^2 + m_\beta^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25''} = \pm 5'' :$$

Օրինակ 2: Հորիզոնական անկյունը չափվել է մեկ կիսանվագով: Որոշել չափման արդյունքների միջին քառակուսային սխալը, եթե լիմբի վրա հաշվանք կարդալու սխալը հավասար է 0.5′: Հայտնի է, որ β հորիզոնական անկյան մեծությունը հավասար է երկու հաշվանքների տարբերությանը: Հաշվանքները լիմբի վրա կատարվում են միեւնույն սխալով, ուստի m_β-ն որոշելու համար կիրառում ենք 2.22 բանաձեւը՝ $m_\beta = 0.5'\sqrt{2} = 0.7'$:

2. n թվով միմյանցից անկախ չափված մեծությունների հանրահաշվական գումարի միջին քառակուսային սխալը

Ունենք հետեւյալ Z ֆունկցիան՝

$$z = \pm x_1 \pm x_2 \pm \ldots \pm x_n \qquad (2.23)$$

որտեղ, x_1, x_2 ..... անկախ մեծությունների չափման արդյունքներն են: Այդ արդյունքների միջին քառակուսային սխալները նշանակենք m_{x_i}, իսկ ֆունկցիայի սխալը՝ m_z:

Տվյալ ֆունկցիան ներկայացնենք հետեւյալ տեսքով՝ $z = x_1 + u_1$, որտեղ $u_1 = x_2 + x_3 + \ldots + x_n$ եւ որի համար՝ ըստ (2.21) բանաձեւի, կարող ենք գրել՝ $m_z^2 = m_{x_1}^2 + m_{u_1}^2$: Իր հերթին u_1-ը կարելի է ներկայացնել $u_1 = x_2 + u_2$ գումարի տեսքով, որտեղ $u_2 = x_3 + x_4 + \ldots + x_n$, համապատասխանաբար $m_{u_1}^2 = m_{x_2}^2 + m_{u_2}^2$ եւ $m_z^2 = m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2 + m_{u_2}^2$:

Նման գործողությունները շարունակելով, կստանանք՝

$$m_z^2 = m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2 + \ldots + m_{x_n}^2 \qquad (2.24)$$

Այն դեպքում, երբ ֆունկցիայի արտահայտության մեջ գումարելիներից մեկը (կամ մի քանիսը) հաստատուն կամ ճշգրիտ մեծություն է, այսինքն՝ ֆունկցիայի տեսքն է՝

$$z = \pm x_1 \pm x_2 \pm \ldots \pm c, \qquad (2.25)$$

որտեղ c -ն հաստատուն է, (2.24) բանաձեւի համաձայն կունենանք՝

$$m_z^2 = m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2 + \ldots + m_c^2, \qquad (2.25')$$

իսկ քանի որ հաստատունի համար $m_c = 0$, ապա (2.25) ֆունկցիայի համար կարող ենք գրել՝

$$m_z = \sqrt{m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2 + \ldots + m_{x_n}^2} \qquad (2.26)$$

Մասնավոր դեպքում, երբ ֆունկցիան վերոհիշյալ տեսքի է (2.25) եւ

$$m_{x_1} = m_{x_2} = \ldots = m_{x_n} = m,$$

$$m_z = m\sqrt{n} \qquad (2.26')$$

Օրինակ 3. Թեոդոլիտային ընթացքի վերջին կողմի դիրեկցիոն անկյունը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\alpha_{\text{վերջ.}} = \alpha_{\text{սկզբնակ.}} + 180° \cdot n - \sum_1^n \beta_{\text{չափված}},$$

որտեղ $\alpha_{\text{սկզբնակ.}}$-ը ընթացքի սկզբնական կողմի դիրեկցիոն անկյունն է, իսկ $\sum_1^n \beta_{\text{չափված}}$ ընթացքի աջակողմյան n թվով անկյունների գումարն է:

Որոշել $\alpha_{\text{վերջ.}}$, դիրեկցիոն անկյան միջին քառակուսային սխալը՝ $m_{\text{վերջ.}}$-ը, եթե յուրաքանչյուր աջակողմյան անկյունը չափվել է $m_\beta = 30''$ միջին քառակուսային սխալով, իսկ $m_{\alpha_{\text{սկզբնական}}} = 0$: Տվյալ դեպքում ունենք (2.25) տեսքի ֆունկցիա եւ, համաձայն (2.26) բանաձեւի կարող ենք գրել՝

$$m_{\alpha_{\text{վերջ.}}} = 30''\sqrt{n}$$

3. $z = kx$ տեսքի գծային ֆունկցիայի միջին քառակուսային սխալը

Կարող են հանդիպել դեպքեր, երբ ֆունկցիայի արժեքը ստանալու համար անհրաժեշտ է արգումենտի չափման արդյունքը բազմապատկել որոշակի հաստատուն թվով:

Այսպիսի դեպքում ֆունկցիան կլինի գծային եւ կունենա հետեւյալ տեսքը՝

$$z = kx \qquad (2.27)$$

Եթե արգումենտի չափման x արդյունքի փոխարեն (2.27) բանաձեւի մեջ տեղադրվի դրա իրական X արժեքը, ապա կստացվի իրական Z արժեքը՝

$$Z = kX \qquad (2.28)$$

Եթե x չափման արդյունքը ստացվել է Δx սխալով՝ $x + \Delta x = X$, ապա ֆունկցիայի հաշված արժեքը՝ z-ը, կպարունակի Δz սխալը՝ $z + \Delta z = Z$, եւ համաձայն (2.28) բանաձեւի՝

$$z + \Delta z = k(x + \Delta x) \qquad (2.29)$$

Հանելով այս վերջինից (2.27)-ը կստանանք՝

$$\Delta z = k \cdot \Delta x \qquad (2.30)$$

Եթե X մեծությունը չափված է n անգամ, ապա կարելի է ստանալ n թվով (2.30) տեսքի հավասարումներ, դրանցից յուրաքանչյուրը ընդհանուր ձեւով կգրվի՝

$$\Delta z_i = k \cdot \Delta x_i \qquad (2.30')$$

Բարձրացնելով այդ արտահայտությունների աջ եւ ձախ մասերը քառակուսի, գումարելով միմյանց հետ եւ բաժանելով n-ի՝ կստանանք $\frac{[\Delta z^2]}{n} = k^2 \cdot \frac{[\Delta x^2]}{n}$: Վերջիններս ներկայացնում են ֆունկցիայի եւ արգումենտի միջին քառակուսային սխալների քառակուսիները՝ m_z^2 եւ m_x^2:

Այսպիսով՝

$$\begin{aligned} m_z^2 &= k^2 m_x^2 : \\ m_z &= k m_x \end{aligned} \qquad (2.31)$$

4. Ընդհանուր տեսքի գծային ֆունկցիայի միջին քառակուսային սխալը

Բոլոր վերը նկարագրված ֆունկցիաները կարելի է ընդհանուր տեսքով ներկայացնել հետեւյալ գծային ֆունկցիայով՝

$$u = \pm k_1 x \pm k_2 y \pm \ldots \pm k_n w \pm c \qquad (2.32)$$

Այդ ֆունկցիայի եւ դրա չափված արդյունքների (x, y, …w) միջին քառակուսային սխալների միջեւ կապ հաստատող բանաձեւը արտածվում է հետեւյալ կերպ:

Նշանակենք $k_1 x = x_1$, $k_2 y = y_1$ ..... $k_n w = w_1$: Համաձայն (2.31) բանաձեւի՝

$$m_{x_1} = k_1 m_x, \quad m_{y_1} = k_2 m_y \quad \ldots\ldots \quad m_{w_1} = k_n m_w$$

Ֆունկցիան կլինի՝ $u = \pm x_1 \pm y_1 \pm \ldots \pm w_1 \pm c$

Դրա միջին քառակուսային սխալը ըստ (2.25′) բանաձեւի կլինի՝

$$m_u^2 = m_{x_1}^2 + m_{y_1}^2 + \ldots + m_{w_1}^2$$

Տեղադրելով $m_{x_1}, m_{y_1} \ldots\ldots m_{w_1}$ արժեքները, կստանանք անհրաժեշտ բանաձեւը՝

$$m_u^2 = k_1^2 m_x^2 + k_2^2 m_y^2 + \ldots + k_n^2 m_w^2,$$

կամ
$$m_u = \sqrt{k_1^2 m_x^2 + k_2^2 m_y^2 + \ldots + k_n^2 m_w^2} \qquad (2.33)$$

եթե $m_x = m_y = \ldots\ldots = m_w = m$

$$m_u = m\sqrt{[k^2]} \qquad (2.33')$$

Օրինակ 4: Որոշել IV կարգի մակարդակաչափման ճշտությունը կայանում, եթե ձողաքանոնի հաշվանքի միջին քառակուսային սխալը հավասար է $m_h = 1$մմ: Կայանում h վերազանցումը որոշվում է ձողաքանոնի սեւ եւ կարմիր կողմերով ստացված վերազանցումների միջին թվաբանականով $h = \frac{h_{սեւ} + h_{կարմ}}{2}$:

$h_{սեւ}$ եւ $h_{կարմ}$ վերազանցումները հավասար են սեւ կամ կարմիր հաշվանքների տարբերությանը: Հետեւաբար՝

$$h = \frac{1}{2}(\text{հետեւի - առջեւի})^{սեւ} + \frac{1}{2}(\text{հետեւի - առջեւի})^{կարմիր} =$$

$$= \frac{1}{2}\text{հետեւի}^{սեւ} - \frac{1}{2}\text{առջեւի}^{սեւ} + \frac{1}{2}\text{հետեւի}^{կարմիր} - \frac{1}{2}\text{առջեւի}^{կարմիր},$$

որտեղ հետեւի եւ առջեւի հաշվանքները h ֆունկցիայի արգումենտներն են, իսկ $k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = \frac{1}{2}$ գործակիցներն են: Ուստի 2.23′ բանաձեւի համաձայն՝ $m_h = m_{հաշվանքի} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot 4} = 1$մմ:

Այսպիսով, h վերազանցման ճշտությունը կայանում հավասար է հաշվանք կարդալու ճշտությանը:

5. *Հավասարաճիշտ չափումների արդյունքների միջին թվաբանականի միջին քառակուսային սխալը*

X մեծությունը չափվել է միանման պայմաններում n անգամ, եւ չափման միջին քառակուսային սխալը եղել է m:

Ստացված $\ell_1, \ell_2, \ldots\ldots \ell_n$ չափման արդյունքների միջին թվաբանականը ըստ (2.12)-ի հավասար է՝

$$L = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ldots + \ell_n}{n}$$

Անհրաժեշտ է գնահատել այդ միջին թվաբանականի ճշտությունը, այսինքն՝ գտնել դրա միջին քառակուսային սխալը՝ M-ը:

Ինչպես նշվել է, միջին թվաբանականը ավելի մոտ է չափվող մեծության իրական արժեքին, քան թե չափման արդյունքներից որեւէ մեկը: Հետեւաբար, դրա M միջին քառակուսային սխալը ավելի փոքր պետք է լինի չափման արդյունքների m սխալից: Ներկայացնենք (2.12) բանաձեւը հետեւյալ գումարի տեսքով՝

$$L = \frac{\ell_1}{n} + \frac{\ell_2}{n} + \ldots + \frac{\ell_n}{n},$$

այսինքն, բերենք այն (2.32) ֆունկցիայի տեսքի, ըստ որում՝

$$m_x = m_y = \ldots\ldots = m_w = m$$

Համաձայն (2.33) բանաձեւի՝

$$M^2 = \frac{1}{n^2}m^2 + \frac{1}{n^2}m^2 + \ldots + \frac{1}{n^2}m^2 = \frac{n \cdot m^2}{n^2}, \quad \text{որտեղից՝}$$

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \qquad (2.34)$$

Այսպիսով, միջին թվաբանականի միջին քառակուսային սխալը $\sqrt{n}$ անգամ փոքր է առանձին չափման արդյունքի միջին քառակուսային սխալից:

6. *Ոչ գծային ֆունկցիայի միջին քառակուսային սխալը*

Մինչ այժմ բերված ֆունկցիաները ներկայացնում էին չափված արդյունքների գումար: Այժմ քննարկենք ավելի ընդհանուր դեպք, երբ ֆունկցիայի եւ արգումենտների միջեւ կապը արտահայտվում է ավելի բարդ ձեւով (որպես արտադրյալ, քանորդ եւ այլն): Ֆունկցիայի եւ արգումենտների կապը ընդհանուր առմամբ արտահայտվում է հետեւյալ կերպ՝

$$z = F(x, y, \ldots, w), \qquad (2.35)$$

որտեղ x, y,…,w-ն չափված արգումենտներն են, z-ը՝ ֆունկցիայի հաշված արժեքն է (ինչպես նախորդ դեպքում):

Ֆունկցիայի m_z միջին քառակուսային սխալի եւ արգումենտների m_x, m_y, …., m_w միջին քառակուսային սխալների միջեւ կապ հաստատելու համար ամենից առաջ անհրաժեշտ է գտնել այդ կապը իրական՝ Δz եւ Δx, Δy, …., Δw սխալների միջեւ:

Եթե չափված արգումենտների փոխարեն (2.35) բանաձեւի մեջ տեղադրենք դրանց իրական մեծությունները՝ X, Y, ….., W, կստացվի ֆունկցիայի իրական մեծությունը՝

$$Z = F(X, Y, \ldots, W) \qquad (2.36)$$

Քանի որ չափման արդյունքները՝ x, y, ….., w, պարունակում են Δx, Δy, …., Δw իրական պատահական սխալներ, ապա ֆունկցիայի հաշված z արժեքը նույնպես կունենա սխալ՝ Δz: Այնպես որ՝ $x+\Delta x=X$, $y+\Delta y=Y$, …., $z+\Delta z=Z$ եւ համաձայն (2.36) բանաձեւի՝

$$z + \Delta z = F(x + \Delta x, y + \Delta y, \ldots., w + \Delta w) \qquad (2.37)$$

Հանելով այդ հավասարումից նախորդը (2.35)՝ կունենանք՝

$$\Delta z = F(x + \Delta x, y + \Delta y, \ldots.) - F(x, y, \ldots) \qquad (2.38)$$

Այժմ բարձրագույն մաթեմատիկայից հայտնի Թեյլորի բանաձեւի հիման վրա $F(x+\Delta x, y+\Delta y, \ldots)$ արտահայտությունը վերածենք շարքի՝

$$F(x + \Delta x, y + \Delta y, \ldots. w + \Delta w) =$$

$$= F(x, y, \ldots, w) + \frac{\partial F}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial F}{\partial y}\Delta y + \ldots + \frac{\partial F}{\partial w}\Delta w, \qquad (2.39)$$

որտեղ անտեսվում են մասնակի ածանցյալների եւ իրական սխալների երկրորդ եւ մյուս աստիճանները:

Տեղադրելով ստացված արտահայտությունը (2.38) հավասարման մեջ՝ կստացվի իրական սխալների միջեւ կապը՝

$$\Delta z = \frac{\partial F}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial F}{\partial y}\Delta y + \ldots\ldots + \frac{\partial F}{\partial w}\Delta w, \qquad (2.40)$$

այստեղ $\frac{\partial F}{\partial x}, \frac{\partial F}{\partial y}, \ldots\ldots \frac{\partial F}{\partial w}$ մասնակի ածանցյալները հաշված են արգումենտների չափված արժեքների համար եւ, եթե Δx, Δy, ….Δw բավական փոքր են, դրանք կարելի է դիտել որպես հաստատուն թվեր:

Նշանակելով

$$\frac{\partial F}{\partial x} = K_x, \frac{\partial F}{\partial y} = K_y, \ldots\ldots \frac{\partial F}{\partial w} = K_w,$$

կունենանք՝

$$\Delta z = K_x \Delta x + K_y \Delta y + ... + K_w \Delta w$$

Ինչպես տեսնում ենք, իրական սխալների միջեւ կապը արտահայտվում է ճիշտ այնպես, ինչպ նախորդ (2.32) ֆունկցիայի համար, հետեւաբար, միջին քառակուսային սխալը որոշելու համար կ րող է կիրառվել (2.33) բանաձեւը՝

$$m_z^2 = K_x^2 m_x^2 + K_y^2 m_y^2 + ... + K_w^2 m_w^2,$$

կամ $$m_z^2 = \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 m_y^2 + ... + \left(\frac{\partial F}{\partial w}\right)^2 m_w^2$$

$$m_z = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 m_y^2 + ... + \left(\frac{\partial F}{\partial w}\right)^2 m_w^2} \qquad (2.41)$$

Օրինակ 5: Ուղղանկյան կողմերի երկարությունները հավասար են՝ a=20մ, b=30մ: Որոշել ո ղանկյան մակերեսի հաշվարկման ճշտությունը, եթե յուրաքանչյուր կողմի չափման միջին քառակ սային սխալը հավասար է 1 սմ:

Քառանկյան մակերեսը հավասար է p=a·b, ուստի՝

$$m_p^2 = \left(\frac{\partial p}{\partial a}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial b}\right)^2 m_b^2 = b^2 m_a^2 + a^2 m_b^2:$$

Եթե $m_a = m_b = m$, ապա $m_p^2 = m^2\left(a^2 + b^2\right)$

$$m_p = m\sqrt{a^2 + b^2} = 0.01\text{մ} \cdot \sqrt{400 + 900} = 0.36\text{մ}^2$$

Օրինակ 6: Եռանկյունաչափական մակարդակաչափման ժամանակ h վերազանցումը որոշվում հետեւյալ բանաձեւով՝ h=D·tgν: Դուրս բերել h վերազանցման m_h միջին քառակուսային սխալի բանա ձեւը, եթե գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի՝ d-ի, միջին քառակուսային սխալը հավասար է m_d-ի, իսկ թեքության անկյան՝ ν-ի՝ m_ν:

Ըստ 2.41 բանաձեւի՝

$$m_h = \sqrt{\left(\frac{\partial h}{\partial d}\right)^2 m_d^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial \nu}\right)^2 m_\nu^2},$$

որտեղ՝ $\frac{\partial h}{\partial d} = tg\nu, \quad \frac{\partial h}{\partial \nu} = \frac{D}{\cos^2 \nu},$

ուստի՝ $$m_h = \sqrt{tg^2\nu \cdot m_d^2 + \frac{d^2}{\cos^4 \nu} \cdot \frac{m\partial^2}{\rho^2}}$$

Օրինակ 7: Որոշել $U = \frac{X}{Y}$ տեսքի ֆունկցիայի միջին քառակուսային սխալը՝ m_u, եթե հայտն են x եւ y չափման արդյունքները եւ m_X, m_Y միջին քառակուսային սխալները:

Համաձայն 2.41 բանաձեւի՝ $$m_u = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 m_y^2},$$

սակայն $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{y}, \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{x}{y^2},$

ուստի՝ $$m_u = \sqrt{\frac{1}{y^2} m_x^2 + \frac{x^2}{y^4} m_y^2} = \sqrt{\frac{y^2 m_x^2 + x^2 m_y^2}{y^4}}:$$

2.12. Հավասարաճիշտ չափումների հավանական սխալները

Միջին քառակուսային սխալը $m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$ բանաձեւով որոշելու համար անհրաժեշտ է իմանալ չափվող մեծության X իրական արժեքը: Սակայն գործնականում չափվող մեծությունների իրական նշանակությունները մնում են անհայտ, այսպիսով անհայտ են մնում նաեւ իրական $\Delta = \ell - X$ սխալները, իսկ միջին քառակուսային սխալը՝ m-ը, հաշվում են այսպես կոչված հավանական սխալների օգնությամբ:

Եթե $\Delta = \ell - X$ արտահայտության մեջ անհայտ X-ը փոխարինվի դրա հավանական L արժեքով, ապա

$$\ell - L = v \qquad (2.42)$$

արտահայտությունը կլինի հավանական սխալ:

Չնայած, որ v-ն հավասար չի լինի իրական Δ սխալին, սակայն այն կարող է համարվել դրա հավանական արժեքը: Բնական է, որ հավանական v սխալը այնքան մոտ կլինի իրական Δ սխալին, որքան միջին թվաբանականը՝ L-ը, մոտ լինի X-ին:

Այսպիսով, v հավանական սխալները կարտահայտվեն հետեւյալ տարբերություններով՝

$$\begin{aligned} v_1 &= \ell_1 - L \\ v_2 &= \ell_2 - L \\ &..... \\ &..... \\ v_n &= \ell_n - L \end{aligned} \qquad (2.43)$$

Հավանական սխալները ունեն կարեւոր հատկություն:

Եթե գումարենք (2.43) հավասարումների աջ եւ ձախ մասերը, կստանանք՝

$$[v] = [\ell] - L \cdot n:$$

Քանի որ $L = \frac{[\ell]}{n}$, որտեղից $[\ell] = L \cdot n$, ապա՝

$$[v] = L \cdot n - L \cdot n = 0 \qquad (2.44)$$

Այսպիսով, հավանական սխալների հանրահաշվական գումարը հավասար է զրոյի:

Այդ հատկությունը հնարավորություն է տալիս ստուգել հավանական սխալների հաշվման ճշտությունը, այսինքն, եթե այդ հաշվումները կատարվում են առանց սխալի, ապա [v]-ն պետք է հավասար լինի զրոյի: Հակառակ դեպքում անհրաժեշտ է հայտնաբերել եւ վերացնել սխալը: Սակայն, եթե միջին թվաբանականը հաշվելիս կատարվել է կլորացում, [v]-ն հավասար չի լինի զրոյի, եւ այդ հանգամանքը անհրաժեշտ է հաշվի առնել ստուգման ժամանակ:

Երկրորդ հատկությունը արտահայտվում է (2.71) բանաձեւով (տես § 2.17):

2.13. Միջին քառակուսային սխալի հաշվումը հավանական սխալների օգնությամբ

Դիցուք $\ell_1, \ell_2, \ldots \ell_n$-ը X մեծության հավասարաճիշտ չափումների արդյունքներն են, իսկ $L = \frac{[\ell]}{n}$՝ դրանց միջին թվաբանականն է:

Իրական եւ հավանական սխալները կլինեն՝

$$\begin{aligned}
\Delta_1 &= \ell_1 - X & v_1 &= \ell_1 - L \\
\Delta_2 &= \ell_2 - X & v_2 &= \ell_2 - L \\
&\cdots\cdots & &\cdots\cdots \\
&\cdots\cdots & &\cdots\cdots \\
\Delta_n &= \ell_n - X & v_n &= \ell_n - L
\end{aligned} \qquad (2.45)$$

Հաշելով այդ հավասարումների աջ եւ ձախ մասերը միմյանցից՝ կստանանք՝

$$L - X = \Delta_1 - v_1,$$
$$L - X = \Delta_2 - v_2,$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$L - X = \Delta_n - v_n$$

(L – X) արտահայտությունը փոքր մեծություն է, նշանակենք այն ε, ուստի՝

$$\begin{aligned}
\Delta_1 - v_1 &= \varepsilon & \Delta_1 &= v_1 + \varepsilon \\
\Delta_2 - v_2 &= \varepsilon & \Delta_2 &= v_2 + \varepsilon \\
&\cdots\cdots \quad \text{կամ} & &\cdots\cdots \\
&\cdots\cdots & &\cdots\cdots \\
\Delta_n - v_n &= \varepsilon & \Delta_n &= v_n + \varepsilon
\end{aligned} \qquad (2.46)$$

Կատարենք այդ արտահայտությունների հետ երկու գործողություն:

1. Բարձրացնենք աջ եւ ձախ մասերը քառակուսի, այնուհետեւ գումարենք միմյանց:
2. Սկզբից գումարենք, այնուհետեւ բարձրացնենք քառակուսի:

Առաջին դեպքում կստանանք՝

$$\left[\Delta^2\right] = \left[v^2\right] + 2\varepsilon\left[v\right] + n\varepsilon^2 :$$

Քանի որ $\left[v\right] = 0$

$$\left[\Delta^2\right] = \left[v^2\right] + n\varepsilon^2,$$

կամ

$$\frac{\left[\Delta^2\right]}{n} = \frac{\left[v^2\right]}{n} + \varepsilon^2 \qquad (2.47)$$

Երկրորդ գործողությունից հետո կունենանք՝

$$\left[\Delta\right]^2 = n^2\varepsilon^2,$$

կամ

$$\varepsilon^2 = \frac{\left[\Delta\right]^2}{n^2} = \frac{\left[\Delta^2\right]}{n^2} + \frac{2\left[\Delta_i \cdot \Delta_j\right]}{n} \cdot \frac{1}{n}$$

$\frac{2\left[\Delta_i \cdot \Delta_j\right]}{n}$ արտահայտությունը մեծ թվով n-երի դեպքում ձգտում է զրոյի, որովհետեւ պատահական սխալների արտադրյալը՝ $\Delta_i \cdot \Delta j$, նույնպես իրենից կներկայացնի պատահական սխալ եւ կենթարկվի պատահական սխալների երրորդ հատկությանը: Ուստի կարող ենք գրել՝ $\varepsilon^2 = \frac{\left[\Delta^2\right]}{n^2}$: Տեղադրելով այդ արտահայտությունը (2.47)-ի մեջ՝ կունենանք՝

$$\frac{\left[\Delta^2\right]}{n} = \frac{\left[v^2\right]}{n} + \frac{\left[\Delta^2\right]}{n^2},$$

կամ

$$m^2 = \frac{\left[v^2\right]}{n} + \frac{m^2}{n},$$

որտեղից

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

կամ

$$m^2 = \frac{\left[v^2\right]}{n-1} \quad \text{եւ} \quad m = \sqrt{\frac{\left[v^2\right]}{n-1}} : \qquad (2.48)$$

Այս բանաձեւը առաջարկված է գերմանացի մաթեմատիկոս Բեսսելի կողմից: Դա ունի մեծ կիրառական նշանակություն: Ինչքան մեծ լինի չափումների n թիվը, այնքան ավելի ճիշտ կորոշվի m-ը (2.48) բանաձեւով: Սահմանափակ թվով չափումների դեպքում ստացված միջին թվաբանականի ճշտությունը գնահատվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}} : \qquad (2.49)$$

Բեսսելի բանաձեւով կատարված հաշվարկները կարելի է ստուգել՝ կիրառելով Պետերսի բանաձեւը՝

$$m = 1.253\frac{\left[|v|\right]}{\sqrt{n(n-1)}} : \qquad (2.50)$$

Բավական մեծ թվով չափումների դեպքում Բեսսելի եւ Պետերսի բանաձեւերը տալիս են նույն արդյունքները:

Եթե Բեսսելի եւ Պետերսի բանաձեւերով ստացված արդյունքները տարբերվում են միմյանցից, ապա դա կվկայի այն մասին, որ չափման արդյունքների մեջ կան սիստեմատիկ սխալներ:

Պատահական եւ սիստեմատիկ սխալների միատեղ ազդեցությունը L՝ միջին թվաբանականի M՝ միջին քառակուսային սխալի վրա արտահայտվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$M = \sqrt{\frac{m^2}{n} + C}, \qquad (2.51)$$

որտեղ C-ն սիստեմատիկ սխալն է:

Չափումների թիվը՝ n-ը, ավելացնելով հնարավոր չէ անվերջ բարձրացնել L միջին թվաբանականի ճշտությունը: Համարվում է, որ՝

$$C < \frac{M}{5} = \frac{1}{5} \cdot \frac{m}{\sqrt{n}} :$$

Նշենք, որ եթե չափում են S թվով միանման մեծություններ (օրինակ՝ անկյուններ) յուրաքանչյուր n անգամ, ապա չափման միջին քառակուսային սխալը կարելի է հաշվարկել հետեւյալ բանաձեւով՝

$$m^2 = \frac{\sum_{i=1}^{s}\left[v^2\right]_i}{\sum_{i=1}^{s} n_i - s}, \qquad (2.52)$$

$$\left[v^2\right] = \left[L - \ell_i\right]^2 :$$

2.14. Միեւնույն մեծության հավասարաճիշտ կրկնակի չափումներից ստացված արդյունքների միջին քառակուսային սխալի որոշումը

Չափող գործիքների եւ չափման պայմանների հետազոտման եւ ուսումնասիրման դեպքում մեծ կիրառություն է գտել միեւնույն մեծության կրկնակի չափումների մեթոդը:

Ենթադրենք, ℓ_1-ը եւ ℓ_1'-ը միեւնույն մեծության հավասարաճիշտ չափումների երկու արդյունքներն են: Դրանց տարբերությունը կլինի՝ $d_1 = \ell_1 - \ell_1'$:

Ակնհայտ է, որ եթե չափումները կատարվեն առանց սխալների, ապա այդ տարբերությունը հավասար կլինի զրոյի (այդ տարբերությունը զրո կլինի նաեւ այն դեպքում, եթե արդյունքները պարունակեին միմյանց հավասար հաստատուն սխալներ):

Այսպիսով, 0-ն տարբերության իրական արժեքն է: Եթե d-ն հավասար չէ զրոյի, այլ հավասար
ինչ որ թվի, նշանակում է վերջինս ներկայացնում է $\ell_1-\ell_1'$ տարբերության շեղումը զրոյից, այսինքն
դրա իրական սխալը:

Այժմ ենթադրենք, որ կատարված են որեւէ մեծության զույգ հավասարաճիշտ $\ell_1\ell_1'$, $\ell_2\ell_2'$, ... $\ell_k\ell_k'$ չափումները: Օրինակ՝ k նվագով չափված է հորիզոնական անկյունը, ըստ որում յուրաքանչյուր նվագը բաղկացած է 2 կիսանվագներից: Այսպիսի չափումները անվանում են կրկնակի կամ զույգ չափումներ:

Դիտելով $d_1=\ell_1-\ell_1'$, $d_2=\ell_2-\ell_2'$, ..., $d_k=\ell_k-\ell_k'$ տարբերությունները որպես պատահական սխալներ եւ կիրառելով (2.7) բանաձեւը՝ կարելի է գրել՝ $m_d=\sqrt{\frac{[d^2]}{k}}$, որտեղ m_d-ն կլինի յուրաքանչյուր $\ell_1-\ell_1'$ տարբերության միջին քառակուսային սխալը:

Մյուս կողմից, երկու հավասարաճիշտ արդյունքների տարբերության համար ըստ (2.22) բանաձեւի կարելի է գրել՝ $m_d=m_i\sqrt{2}$, որտեղ m_i-ն, ℓ_i կամ ℓ_i' առանձին չափման արդյունքների միջին քառակուսային սխալն է:

Հետեւաբար՝ $$\sqrt{\frac{[d^2]}{k}}=m_i\sqrt{2},$$

որտեղից $$m_i=\frac{m_d}{\sqrt{2}}=\sqrt{\frac{[d^2]}{2k}} \qquad (2.53)$$

Այս բանաձեւը արտածված է այն ենթադրությամբ, որ d տարբերությունների մեջ գերիշխում են պատահական սխալները:

d տարբերությունների պատահական լինելը, ինչպես գիտենք, կբնորոշվի դրանց դրական եւ բացասական նշաններով: Այն դեպքերում, երբ d տարբերություններում պատահական սխալներից բացի ներկա են նաեւ զգալի սիստեմատիկ սխալներ, վերջիններս պետք է բացահայտվեն եւ դրանց ազդեցությունը նվազեցվի հետեւյալ ճանապարհով:

Եթե գումարենք բոլոր d տարբերությունները՝ $d_1+d_2+.....+d_k=[d]$, ապա կարելի է սպասել, որ այդ գումարը սիստեմատիկ սխալների ներկայության դեպքում կներկայացնի դրանց կուտակման արդյունքը:

Իրոք, քանի որ յուրաքանչյուր d տարբերությունը պարունակում է իր մեջ պատահական եւ սիստեմատիկ սխալներ, ապա [d] գումարի մեջ պատահական սխալները, որոնք կունենան տարբեր նշաններ, բավականաչափ կմարվեն (եթե k չափումների թիվը բավականին մեծ է), իսկ սիստեմատիկ սխալները, որոնք մասնակցում են չափումների մեջ միեւնույն նշաններով՝ կկուտակվեն, կազմելով զգալի մեծություն, չնայած այն բանին, որ առանձին d_i տարբերությունների մեջ դրանց չափը համեմատած պատահական սխալների հետ կարող է փոքր լինել:

Եթե համարենք, որ սիստեմատիկ սխալները յուրաքանչյուր d տարբերության մեջ մոտավորապես մնում են նույն մեծությանը, ապա սիստեմատիկ սխալի d_0 միջին արժեքը կլինի $d_0=\frac{[d]}{k}$: Հանելով այժմ d_0-ն յուրաքանչյուր d_i տարբերությունից՝ կստանանք $\delta_i=d_i-d_0$, $\delta_2=d_2-d_0$, ..., $\delta_k=d_k-d_0$ Ակնհայտ է , որ δ_1, δ_2, ..., δ_k մեծությունները որոշ չափով ազատված կլինեն սիստեմատիկ սխալներից եւ կարող են համարվել որպես հավանական սխալներ, քանի որ դրանք ստանալու համար d_1, d_2, d_3, ...d_k մեծություններից հանել ենք միջին թվաբանականը:

Հետեւապես, δ սխալների միջոցով միջին քառակուսային սխալը հաշվելու նպատակով կարող ենք կիրառել Բեսսելի բանաձեւը՝

$$m_d=\sqrt{\frac{[\delta^2]}{k-1}},$$

իսկ առանձին ℓ_i չափման միջին քառակուսային սխալը կլինի՝

$$m=\frac{m_d}{\sqrt{2}}=\sqrt{\frac{[\delta^2]}{2(k-1)}}: \qquad (2.54)$$

2.15. Միեւնույն մեծության հավասարաճիշտ չափումների արդյունքների մշակումը

Որեւէ X մեծության հավասարաճիշտ չափումների արդյունքների մշակումը կատարվում է հետեւյալ նպատակով՝

1) չափվող մեծության ամենահավանական L նշանակությունը որոշելու համար,
2) առանձին ℓ_i չափման արդյունքի միջին m քառակուսային սխալը որոշելու համար,
3) միջին թվաբանականի՝ L-ի, միջին քառակուսային սխալի՝ M-ի, որոշման նպատակով:

Միջին թվաբանականը՝ L-ը, կարելի է հաշվարկել $L=\frac{[\ell]}{n}$ (2.12) բանաձեւով, սակայն ձեռնտու է հաշվարկը կատարել հետեւյալ բանաձեւով՝

$$L=\ell_0+\frac{[\varepsilon]}{n}, \qquad (2.55)$$

որը բխում է հետեւյալից:

Ներկայացնենք X մեծության չափման արդյունքների շարքը ℓ_1, ℓ_2,.... ℓ_n որպես գումար՝ $\ell_1=\ell_0+\varepsilon_1$, $\ell_2=\ell_0+\varepsilon_2$, ..., $\ell_n=\ell_0+\varepsilon_n$, որտեղ ℓ_0-ն սովորաբար վերցնում են հավասար չափման արդյունքներից ամենափոքրին, այս դեպքում մնացորդները՝ $\varepsilon_1=\ell_1-\ell_0$, $\varepsilon_2=\ell_2-\ell_0$, ..., $\varepsilon_n=\ell_n-\ell_0$, կլինեն դրական: Գումարելով հավասարությունների ձախ եւ աջ մասերը միմյանց հետ կստանանք՝

$$[\ell]=n\cdot\ell_0+[\varepsilon]:$$

Բաժանելով այդ հավասարությունը n-ի՝ կստանանք (2.55) արտահայտությունը:

Մնացորդները (ε_1, ε_2, ..., ε_n) նպատակահարմար է օգտագործել նաեւ $[v^2]$ արտահայտության հաշվարկման համար հետեւյալ առումով:

Քանի որ $\varepsilon=\ell-\ell_0$, իսկ $v=\ell-L$, ապա առաջին հավասարությունից հանելով երկրորդը, կունենանք՝

$$\varepsilon-v=L-\ell_0: \qquad (2.56)$$

Իսկ քանի որ (2.55) արտահայտությունից $L-\ell_0=\frac{[\varepsilon]}{n}$, ապա կարող ենք գրել $\varepsilon-v=\frac{[\varepsilon]}{n}$, որտեղից $\varepsilon=v+\frac{[\varepsilon]}{n}$: Բարձրացնելով քառակուսի վերջին հավասարության աջ եւ ձախ մասերը, կունենանք՝

$$\varepsilon^2=v^2+2v\frac{[\varepsilon]}{n}+\frac{[\varepsilon]^2}{n^2}:$$

Կազմելով այսպիսի հավասարություններ շարքի բոլոր արդյունքների համար եւ գումարելով դրանք միմյանց հետ, կունենանք՝

$$[\varepsilon^2]=[v^2]+2\frac{[\varepsilon]}{n}[v]+n\frac{[\varepsilon]^2}{n^2}: \qquad (2.57)$$

Քանի որ $[v]=0$ (տես բանաձեւ 2.44), ապա՝

$$[v^2]=[\varepsilon^2]-\frac{[\varepsilon]^2}{n} \qquad (2.58)$$

Բերված բանաձեւերի օգտագործումը ցույց տանք հորիզոնական անկյան չափման արդյունքների մշակման օրինակի վրա: Այդ արդյունքները բերված են աղյուսակ 2.4-ում:

N	ℓ	ε (″)	ε^2	v (″)	v^2	Լուծումը
1	59°16′25″	+1	1	-1.2	1.44	ստուգում $[v^2]=[\varepsilon^2]-\frac{[\varepsilon]^2}{n}=$
2	59°16′24″	0	0	-2.2	4.84	$=47-28.17=18.83$
3	59°16′26″	+2	4	-0.2	0.04	
4	59°16′28″	+4	16	+1.8	3.24	$m=\sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}=\sqrt{\frac{18.8}{5}}=\pm1.94''$
5	59°16′29″	+5	25	+2.8	7.84	
6	59°16′25″	+1	1	-1.2	1.44	$m=1.253\frac{[\lvert v\rvert]}{\sqrt{n(n-1)}}=$
l_0	59°16′24″	[ε]=+13	[ε^2]=47	[+v]=+4.6	[v^2]=18.84	$=1.253\cdot\frac{9.4''}{\sqrt{30}}=\pm2.15''$
	$\frac{[\varepsilon]}{n}$	+2.2		[-v]=-4.8		
L	59°16′26.2			[v]=-0.2	18.8	$M=\frac{m}{\sqrt{n}}=\frac{1.94}{\sqrt{6}}=\pm0.79$
						$m_M=\frac{M}{\sqrt{2(n-1)}}=\frac{0.79''}{\sqrt{10}}=\pm0.25''$

$L=\ell_0+\frac{[\varepsilon]}{n}=59°16'24''+2.2''=59°16'26.2''$ $\quad L=59°48'26.2''\pm0.8''$

Յուցում. $[v]\neq0$ որովհետեւ L-ը կլորացվել է :

$\frac{[\varepsilon]}{n}$ ընդունվել է հավասար ±2.2″,

ավելի ճիշտ կլիներ ±2.17″:

2.16. Անհավասարաճիշտ չափումների արդյունքների մշակումը

Մինչ այժմ մենք դիտարկել ենք հավասարաճիշտ չափումները: Դրանց ճշտությունը գնահատելու համար օգտագործվում է միջին քառակուսային սխալի հասկացողությունը, իսկ չափվող մեծության ամենահուսալի արժեք է համարվում միջին թվաբանականը:

Գործնականում հաճախ հանդիպում են դեպքեր, երբ չափվող X մեծության արդյունքները՝ ℓ_1, ℓ_2, … ℓ_n, ստացվում են ոչ հավասարաճիշտ, այսինքն, տարբեր $m_1, m_2, \ldots, m_n$ միջին քառակուսային սխալներով: Հարց է առաջանում, ինչպե՞ս այդ դեպքում որոշել X-ի ամենահուսալի արժեքը եւ ինչպես գնահատել դրա ճշտությունը: Խնդիրը լուծելու համար նպատակահարմար է օգտվել չափման արդյունքի կշիռ հասկացողությունից:

Դիտարկենք այդ նոր հասկացողության էությունը:

Սկզբունքորեն անհավասարաճիշտ չափումների արդյունքները կարելի է համեմատել միմյանց հետ դրանց միջին քառակուսային սխալների միջոցով: Օրինակ, եթե ունենք X մեծության չափման արդյունքների երեք շարք եւ այդ շարքերը գնահատվում են m_1, m_2, m_3 միջին քառակուսային սխալներով, ապա որպեսզի պարզենք, թե քանի անգամ են առաջին եւ երկրորդ շարքերի արդյունքները ավելի ճիշտ երրորդ շարքի արդյունքներից, տրամաբանական է կազմել հետեւյալ համեմատությունները՝

$$\frac{m_3}{m_1},\quad \frac{m_3}{m_2},\quad \frac{m_3}{m_3}:$$

Օրինակ՝ աղյուսակում (աղ 2.1) բերված տվյալներով $m_1=5.03''$, $m_2=5.41''$, $m_3=5.70''$, $m_3:m_1=1.14$, $m_3:m_2=1.05$:

Կարելի է ասել, որ առաջին շարքի ճշտությունը բարձր է երրորդ շարքի ճշտությունից 1.14 անգամ, իսկ երկրորդը՝ 1.05 անգամ:

Սակայն կարելի է վարվել նաեւ հետեւյալ ձեւով: Սկզբից m_1, m_2, m_3 մեծությունները բարձրացնել քառակուսի, որից հետո կազմել դրանց հարաբերությունները՝

$$\frac{m_3^2}{m_1^2},\quad \frac{m_3^2}{m_2^2},\quad \frac{m_3^2}{m_3^2}: \qquad (2.59)$$

Բերված օրինակի համար՝

$$\frac{m_3^2}{m_1^2}=1.3,\qquad \frac{m_3^2}{m_2^2}=1.2,\qquad \frac{m_3^2}{m_3^2}=1$$

Այդպիսի մոտեցման դեպքում, ինչպես գիտենք, ավելի վառ է բացահայտվում սխալների մեջ գոյություն ունեցող անհավասարությունը:

Բերված հարաբերությունները (2.59) անվանում են կշիռներ եւ նշանակում են P-ով: Այսպես, օրինակ, $P_1=\frac{m_3^2}{m_1^2}=1.3$ անվանում են m_1 միջին քառակուսային սխալով ստացված արդյունքի կշիռը այն արդյունքի նկատմամբ, որի միջին քառակուսային սխալը հավասար է m_3: Ինչքան մեծ է կշիռը P-ն, այնքան մեծ է այդ արդյունքի համեմատական ճշտությունը:

Երրորդ արդյունքի կշիռը իրեն նկատմամբ, բնական է, հավասար կլինի 1-ի՝

$$P_3=\frac{m_3^2}{m_3^2}=1:$$

Այդ պատճառով m_3 միջին քառակուսային սխալը անվանում են (տվյալ օրինակում) միավոր կշիռ ունեցող սխալ եւ նշանակում են μ տառով, այսինքն, $m_3=\mu$:

Եթե համեմատության համար ընտրեինք m_1 սխալը, ապա կստացվեր՝

$$P_1'=\frac{m_1^2}{m_1^2};\qquad P_2'=\frac{m_1^2}{m_2^2};\qquad P_3'=\frac{m_1^2}{m_3^2}$$

եւ կշիռները կունենային ուրիշ արժեքներ, եւ $\mu=m_1$:

Դժվար չէ համոզվել, որ $P_1':P_2':P_3'=P_1:P_2:P_3$

Քննարկված օրինակներում մենք համեմատում էինք միջին քառակուսային սխալները՝ m_1, m_2, m_3, միմյանց հետ: Սակայն համեմատումը կարելի է անել մի ուրիշ, պայմանական կամ իրական միջին քառակուսային սխալի՝ μ -ի, հետ, որի կշիռը մենք ընդունում ենք հավասար մեկի: Այս դեպքում կարող ենք գրել՝

$$P_1=\frac{\mu^2}{m_1^2};\qquad P_2=\frac{\mu^2}{m_2^2};\qquad P_3=\frac{\mu^2}{m_3^2}$$

Այսպիսով, $P=\frac{\mu^2}{m^2}$, որտեղից $\mu^2=Pm^2$, կամ $\mu^2=\frac{[\Delta^2]}{n}P$

Որոշ դեպքերում ընդունում են $\mu^2=k$, հետեւաբար՝

$$P_1=\frac{k}{m^2},\qquad P_2=\frac{k}{m_2^2},\qquad P_3=\frac{k}{m_3^2}, \qquad (2.60)$$

այսինքն, ստացվում է, որ չափման արդյունքների կշիռները հակադարձ համեմատական են դրանց միջին քառակուսային սխալների քառակուսիներին: Եթե փոփոխենք k-ն, նույնքան անգամ կփոփոխվեն կշիռները, սակայն դրանց հարաբերությունները կմնան նույնը:

Օրինակ՝

$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{m_2^2}{m_1^2}, \qquad (2.61)$$

այսինքն, երկու չափման արդյունքների կշիռները հակադարձ համեմատական են դրանց միջին քառակուսային սխալների քառակուսիներին:

Հաշվարկները հեշտացնելու համար K թիվը ընտրում են այնպես, որ P_1, P_2, P_3 կշիռները արտա-
հայտվեն փոքր թվերով (1-ից 10):

2.16.1. Միջին թվաբանականի կշիռը

Ենթադրենք, որեւէ X մեծությունը չափվել է n անգամ միեւնույն պայմաններում եւ ստացվել են $\ell_1, \ell_2, \ldots\ldots, \ell_n$ չափման արդյունքները:

Առանձին վերցրած, արդյունքի միջին քառակուսային սխալը՝ m-ը, որոշվել է (2.48) բանաձեւով: Միջին թվաբանականը՝ L-ը, համարվել է X մեծության ամենահավանական արժեքը, միջին քառակու-
սային սխալը՝ M-ը, $\sqrt{n}$ անգամ փոքր է m-ից՝ $M = \frac{m}{\sqrt{n}}$: Ընդունենք, որ $m = \mu$, այսինքն՝ յուրաքանչ-
յուր չափման արդյունքի կշիռը հավասար է մեկի: Այս դեպքում միջին թվաբանականի՝ L-ի, P կշիռը
կորոշվի հետեւյալ հարաբերությունից՝

$$\frac{P}{1} = \frac{\mu^2}{M^2}, \quad \text{կամ} \quad P = \frac{\mu^2}{\left(\frac{m}{\sqrt{n}}\right)^2} = \frac{\mu^2}{\frac{m^2}{n}} = \frac{m^2}{\frac{m^2}{n}} = n \qquad (2.62)$$

Այսպիսով, դիտարկվող օրինակում L միջին թվաբանականի կշիռը հավասար է չափումների
թվին՝ n-ին:

2.16.2. Կշռային միջինը կամ ընդհանուր միջին թվաբանականը

Եթե $L_1, L_2, \ldots\ldots, L_n$ իրենցից ներկայացնում են X մեծության անհավասարաճիշտ արդյունքները,
իսկ $P_1, P_2, \ldots\ldots, P_n$՝ դրանց կշիռները, ապա X –ի ամենահավանական արժեքը՝ L_0-ն կորոշվի հետեւյալ
բանաձեւով՝

$$L_0 = \frac{L_1P_1 + L_2P_2 + \ldots. + L_nP_n}{P_1 + P_2 + \ldots. + P_n} = \frac{[L \cdot P]}{[P]} = \frac{[L \cdot P]}{P_0} \qquad (2.63)$$

L_0-ն՝ միջին կշռայինի P_0 կշիռը հավասար է՝ $P_0 = P_1 + P_2 + \ldots\ldots + P_n = [P]$:

Բերված (2.63) բանաձեւի արդարությունը բխում է հետեւյալ դատողություններից:

Ենթադրենք, X մեծությունը չափվել է միեւնույն պայմաններում N անգամ՝ եւ այդ հավասարա-
ճիշտ չափումների արդյունքները եղել են $\ell_1, \ell_2, \ell_3, \ldots., \ell_N$: Խմբավորենք այդ արդյունքները հաջոր-
դաբար K խմբերի:

Դիցուք, առաջին խումբը բաղկացած է n_1, երկրորդը՝ n_2 եւ այլն, K-երորդ խումբը K արդյունքնե-
րից՝

I խ.	$\ell_1', \ell_2', \ldots\ldots\ldots, \ell_{n_1}'$	n_1	արդյունք
II խ.	$\ell_1'', \ell_2'', \ldots\ldots\ldots, \ell_{n_2}''$	n_2	արդյունք
	.....		
K խ.	$\ell_1^K, \ell_2^K, \ldots\ldots\ldots, \ell_{n_K}^K$	n_K	արդյունք

ընդ որում $n_1 + n_2 + \ldots\ldots\ldots + n_K = N$:

Չափվող X մեծության ամենահավանական L_0 արժեքը համաձայն (2.12) հավասար կլինի բոլոր
հավասարաճիշտ չափման արդյունքների միջին թվաբանականին՝

$$L_0 = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ldots\ldots\ldots + \ell_N}{N} = \frac{[\ell'] + [\ell''] + \ldots\ldots + [\ell^K]}{n_1 + n_2 + \ldots\ldots + n_K} \qquad (2.64)$$

Այժմ որոշենք յուրաքանչյուր խմբի համար միջին թվաբանականը՝

$L_1, L_2, \ldots\ldots, L_K$,

$$L_1 = \frac{[\ell']}{n_1}, \quad L_2 = \frac{[\ell'']}{n_2}, \ldots\ldots, L_K = \frac{[\ell^K]}{n_K}$$

Որտեղից $[\ell'] = L_1 \cdot n_1$, $[\ell''] = L_2 \cdot n_2$, ..., $[\ell^K] = L_K \cdot n_K$,

կամ $[\ell'] = L_1 \cdot P_1$, $[\ell''] = L_2 \cdot P_2$, ..., $[\ell^K] = L_K \cdot P_K$:

Տեղադրելով $[\ell']$, $[\ell'']$, ... (2.64) արտահայտության մեջ՝ կստանանք (2.63) բանաձեւը, որի հայ-
տարարը՝ [n], հավասար է [P]-ի, այսպիսով, միջին կշռայինի՝ L_0-ի կշիռը հավասար է բոլոր P կշիռների
գումարին:

(2.63) բանաձեւը կարելի է կիրառել ցանկացած թվով անհավասարաճիշտ չափումների դեպքում:
Եթե այդ բանաձեւի մեջ ընդունենք $P_1 = P_2 = \ldots\ldots = P_n = 1$, ապա կստանանք (2.12) բանաձեւը հավասարա-
ճիշտ չափումների համար:

Անհավասարաճիշտ չափումների ճշտությունը գնահատելու համար օգտվում են հետեւյալ ար-
տահայտություններից, որոնք ստացվում են $P = \frac{\mu^2}{m^2}$ արտահայտությունից՝

$$\mu = m\sqrt{P} \qquad \text{եւ} \qquad m = \frac{\mu}{\sqrt{P}} \qquad (2.65)$$

Այսինքն, ցանկացած անհավասարաճիշտ չափման արդյունքի m_i միջին քառակուսային սխալը
հավասար է միավոր կշիռ ունեցող μ միջին քառակուսային սխալը, բաժանած այդ արդյունքի P_L կշռի
քառակուսի արմատի վրա:

Եթե ունենք անհավասարաճիշտ չափումների արդյունքները՝ $\ell_1, \ell_2, \ldots, \ell_n$, որոնց կշիռներն են P_1,
$P_2, \ldots, P_n$, եւ որոնք ստացվել են $\Delta_1, \Delta_2, \ldots \Delta_n$, պատահական սխալներով, ապա ամեն մի արդյունքի հա-
մար կարող ենք գրել՝ $\mu^2 = m_1^2 \cdot P_1$, $\mu^2 = m_2^2 \cdot P_2$, ..., $\mu^2 = m_n^2 P_n$:

Գումարելով այդ հավասարությունները եւ բաժանելով n-ի՝ կունենանք՝

$$\mu^2 = \frac{m_1^2 \cdot P_1 + m_2^2 \cdot P_2 + \ldots. + m_n^2 \cdot P_n}{n},$$

որտեղից՝ $$\mu = \sqrt{\frac{[m^2 P]}{n}} \qquad (2.66)$$

Եթե հաշվի առնենք, որ չնայած յուրաքանչյուր չափման արդյունքի համար Δ իրական պատա-
հական սխալը հավասար չէ միջին քառակուսային m սխալի, սակայն մեծ թվով չափումների դեպքում
$[\Delta^2 P] = [m^2 P]$, ապա (2.66) բանաձեւը կներկայացվի հետեւյալ տեսքով՝

$$\mu = \sqrt{\frac{[\Delta^2 P]}{n}} \qquad (2.67)$$

Իսկ եթե իրական Δ սխալները փոխարինենք դրանց ամենահավանական v արժեքներով, կարող
ենք գրել՝

$$\mu = \sqrt{\frac{[v^2 P]}{n-1}} \qquad (2.68)$$

Համաձայն (2.65) բանաձեւի, միջին կշռայինի՝ L_0 –ի, միջին քառակուսային M_0 սխալը հավասար
կլինի՝

$$M_0 = \frac{\mu}{\sqrt{P_0}} = \frac{\mu}{\sqrt{[P]}}, \qquad (2.69)$$

որտեղ P_0 –ն ընդհանուր միջին թվաբանականի կշիռն է:

Տեղադրելով (2.69) –ի մեջ μ-ի արժեքը, (2.67)-ից կունենանք՝

$$M_0 = \frac{\sqrt{[\Delta^2 P]}}{n} : \sqrt{[P]}, \quad \text{կամ} \quad M_0 = \sqrt{\frac{[\Delta^2 P]}{n[P]}} \qquad (2.70)$$

Եթե (2.70) բանաձեւի մեջ բոլոր կշիռները հավասարեցնենք 1-ի, ապա կստանանք հավասարաճիշտ չափումների միջին արժեքի միջին քառակուսային սխալը՝

$$M = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n \cdot n}} = \frac{m}{\sqrt{n}}$$

2.17. Անհավասարաճիշտ չափումների ամենահավանական սխալների հատկությունները

Ամենահավանական սխալները որոշվում են հետեւյալ հավասարություններից՝ $v_1 = \ell_1 - L_0$, $v_2 = \ell_2 - L_0$,....., $v_n = \ell_n - L_0$, որտեղ L_0-ն X մեծության միջին կշռային արժեքն է (2.63):

Բազմապատկելով աջ եւ ձախ մասերը համապատասխան կշռով՝ P-ով, կունենանք՝

$P_1 v_1 = P_1 \ell_1 - P_1 L_0$, $P_2 v_2 = P_2 \ell_2 - P_2 L_0$,....., $P_n v_n = P_n \ell_n - P_n L_0$:

Գումարելով այդ հավասարությունների աջ եւ ձախ մասերը, կունենանք $[Pv] = [P\ell] - [P]L_0$: Քանի որ (2.63)-ից $[P\ell] = P_0 L_0$, ուրեմն՝

$$[Pv] = 0 \qquad (2.71)$$

Եթե բոլոր կշիռները ընդունենք 1, ապա (2.71)-ից կստանանք $[v] = 0$, այսինքն, հավասարաճիշտ չափումների դեպքը:

Ստացված (2.71) բանաձեւը օգտագործում են ստուգման համար L_0-ի արժեքը որոշելիս եւ անհավասարաճիշտ չափումների սխալները հաշվարկելիս:

2.18. Միավոր կշիռ ունեցող միջին քառակուսային սխալի որոշումը ամենահավանական սխալների օգնությամբ

Անհավասարաճիշտ չափումների շարքից կարող ենք յուրաքանչյուր չափման ℓ արդյունքի համար ստանալ իրական Δ եւ ամենահավանական v սխալները՝ $\Delta = \ell - X$ եւ $v = \ell - L_0$ արտահայտությունները, որտեղ X-ը չափվող մեծության իրական արժեքն է, իսկ L_0-ն՝ ընդհանուր միջին թվաբանականի արժեքը (կշռային միջինը):

Հանելով առաջին արտահայտությունից երկրորդը, կունենանք՝

$$\Delta - v = L_0 - X = \varepsilon,$$

որտեղից $$\Delta = v + \varepsilon$$

ε-ը չափվող X մեծության ամենահավանական արժեքի՝ L_0-ի, իրական սխալն է:

Կազմենք ստացված հավասարությունները բոլոր անհավասարաճիշտ արդյունքների համար՝

$$\begin{aligned} &\Delta_1 = v_1 + \varepsilon && P_1 \text{ կշռով} \\ &\Delta_2 = v_2 + \varepsilon && P_2 \text{ կշռով} \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots && \\ &\Delta_n = v_n + \varepsilon && P_n \text{ կշռով} \end{aligned} \qquad (2.72)$$

Բարձրացնենք հավասարությունների աջ եւ ձախ մասերը քառակուսի, բազմապատկենք համապատասխան կշիռի արժեքով եւ գումարենք միմյանց հետ: Արդյունքում կստանանք՝

$$[P\Delta^2] = [Pv^2] + 2\varepsilon[Pv] + \varepsilon^2[P]$$

Բաժանելով ձախ եւ աջ մասերը n-ի եւ հաշվի առնելով, որ $[Pv] = 0$, կունենանք՝

$$\frac{[P\Delta^2]}{n} = \frac{[Pv^2]}{n} + \varepsilon^2 \frac{[P]}{n} \qquad (2.73)$$

ε-ը քիչ է տարբերվում L_0 մեծության միջին քառակուսային սխալից, ուստի ε-ի փոխարեն (2.73) բանաձեւի մեջ կարելի է տեղադրել M_0: Բացի դրանից $\frac{[P\Delta^2]}{n}$-ը փոխարինենք μ^2-ով, ուստի $\mu^2 = \frac{[Pv^2]}{n} + M_0^2 \frac{[P]}{n}$, իսկ քանի որ $M_0 = \frac{\mu}{\sqrt{[P]}}$, ուստի $\mu^2 = \frac{[Pv^2]}{n} + \frac{\mu^2}{n}$, կամ $\mu^2 = \frac{[Pv^2]}{n-1}$,

որտեղից՝ $$\mu = \sqrt{\frac{[Pv^2]}{n-1}} \qquad (2.74)$$

Ստացված (2.74) բանաձեւը ճշգրիտ է անսահման մեծ թվով չափումների դեպքում: Քանի որ իրականում չափումների քիվը՝ n-ը, սահմանափակ է լինում, ուստի (2.74) բանաձեւով հաշվարկված μ մեծությունը կլինի մոտավոր: Դրա հաշվարկման միջին քառակուսային սխալը կորոշվի հետեւյալ բանաձեւով՝

$$m_\mu = \frac{\mu}{\sqrt{2(n-1)}} \qquad (2.75)$$

2.19. Չափված մեծությունների ֆունկցիաների կշիռները

Եթե հայտնի են անկախ չափված մեծությունների կշիռները, ապա դիտելով այդ մեծությունները որպես արգումենտներ, կարող ենք որոշել ընդհանուր տեսք ունեցող ֆունկցիաների (2.35) կշիռը հետեւյալ ճանապարհով: Այդ ֆունկցիայի միջին քառակուսային սխալը որոշվում է 2.41 բանաձեւով, ըստ որի՝

$$m_z^2 = \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 m_y^2 + \ldots + \left(\frac{\partial F}{\partial w}\right)^2 m_w^2;$$

Տեղադրենք m^2-ու փոխարեն դրան հավասար $\frac{\mu^2}{P}$ (2.65) արտահայտությունը, կստանանք՝

$$\frac{\mu^2}{P_z} = \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 \frac{\mu^2}{P_x} + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 \frac{\mu^2}{P_y} + \ldots + \left(\frac{\partial F}{\partial w}\right)^2 \frac{\mu^2}{P_w}:$$

Բաժանելով ստացված արտահայտության երկու մասերը μ^2-ու վրա՝ կունենանք

$$\frac{1}{P_2} = \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 \frac{1}{P_x} + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 \frac{1}{P_y} + \ldots + \left(\frac{\partial F}{\partial w}\right)^2 \frac{1}{P_w}, \qquad (2.76)$$

որտեղ $\frac{1}{P}$ արտահայտությունը անվանում են հակադարձ կշիռ:

Եթե ֆունկցիան հետեւյալ տեսքի է՝ $Z = \pm X \pm Y \pm \ldots\ldots \pm W$, դրա համար հակադարձ կշռի բանաձեւը կլինի՝

$$\frac{1}{P_Z} = \frac{1}{P_X} + \frac{1}{P_Y} + \ldots\ldots + \frac{1}{P_W}, \qquad (2.77)$$

իսկ $Z = \pm K_1 X \pm K_2 Y \pm \ldots\ldots \pm K_n W$ ֆունկցիայի համար՝

$$\frac{1}{P_z} = K_1^2 \frac{1}{P_X} + K_2^2 \frac{1}{P_Y} + \ldots\ldots + K_n^2 \frac{1}{P_W}: \qquad (2.78)$$

2.20. Չափման արդյունքների միջակայքային գնահատումը

Այն դեպքերում, երբ չափումների ճշտության գնահատումը կատարվում է սահմանափակ թվով չափման տվյալների հիման վրա, նպատակահարմար է օգտագործել վստահելի միջակայքեր: Նախքան այդ հասկացության հետ ծանոթանալը անհրաժեշտ է ծանոթանալ վստահական հավանականություն հասկացության հետ:

Սխալների տեսության մեջ հանդիպում են հասկացություններ. պատահույթի հաճախականություն, հավանականություն, մաթեմատիկական սպասում, սխալների բաշխման օրենք եւ այլն, որոնք վերաբերում են հավանականության տեսությանը:

Ենթադրենք, ունենք $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_n$ սխալների շարք: Այդ շարքի մեջ կա k հատ տվյալ չափ ունեցող սխալ: Եթե k-ն բաժանենք սխալների թվի վրա, ապա այդ $\frac{k}{n}$ հարաբերությունը ցույց կտա, թե որքան հաճախ տվյալ չափի սխալը կհանդիպի տվյալ շարքում: Դրան անվանում են հաճախականություն եւ նշանակում են $q = \frac{k}{n}$: Հնարավոր է, որ շարքի սխալների մեջ տվյալ չափի սխալ չլինի, այս դեպքում սխալի հաճախականությունը հավասար է զրոյի: Հնարավոր է, որ շարքի բոլոր սխալները լինեն միեւնույն չափի, այս դեպքում հաճախականությունը հավասար է 1-ի:

Մաթեմատիկական սպասում է անվանվում Δ սխալի բոլոր հնարավոր արժեքների եւ դրանց P հավանականությունների արտադրյալների գումարը՝

$$M(\Delta) = \Delta_{k_1} P_{k_1} + \Delta_{k_2} P_{k_2} + \ldots\ldots + \Delta_{k_t} P_{k_t}$$

որտեղ $\Delta_{K_1}, \Delta_{K_2} \ldots \Delta_{K_t}$՝ սխալի տարբեր արժեքներն են, որոնք հնարավոր են տվյալ պայմաններում, իսկ $P_{k_1} + P_{k_2} + \ldots\ldots + P_{k_t} = 1$ դրանց համապատասխան հավանականությունները: Եթե հավանականություններն անհայտ են, սակայն հայտնի են հաճախականությունները, ապա՝

$$M(\Delta) = \Delta_{k_1} q_{k_1} + \Delta_{k_2} q_{k_2} + \ldots\ldots + \Delta_{k_t} q_{k_t}$$

Նկատի ունենալով, որ $q = \frac{k_i}{n}$, կարող ենք գրել՝

$$M(\Delta) = \frac{\Delta_{k_1} \cdot k_1 + \Delta_{k_2} \cdot k_2 + \ldots\ldots + \Delta_{k_n} \cdot k_n}{n},$$

որտեղ՝ $k_1 + k_2 + \ldots\ldots + k_n = n$

Տվյալ արտահայտության համարիչը իրենից ներկայացնում է բոլոր n սխալների գումարը տվյալ շարքում: Նշանակելով այդ գումարը $[\Delta]$, կունենանք՝

$$M(\Delta) = \frac{[\Delta]}{n} \qquad (2.79)$$

Այսպիսով, սխալի մաթեմատիկական սպասումը մոտավորապես հավասար է տվյալ սխալների միջին թվաբանականին:

Մաթեմատիկական սպասումը այնքան մոտ կլինի պատահական մեծության միջին թվաբանականին, ինչքան մեծ լինի n-ը՝ փորձարկումների թիվը:

Բացի պատահական սխալներից, որոնց հատկությունները մենք ուսումնասիրեցինք, կա նաեւ պատահական պատահույթ հասկացությունը, որի իրականացումը հնարավոր չէ նախօրոք կանխատեսել, այն կարող է տեղի ունենալ, բայց եւ տեղի չունենալ: Պատահական պատահույթները ենթարկվում են որոշ վիճակագրական օրինաչափության, որը համապատասխանում է (բնորոշ է) տվյալ պայմաններին: Մասնավորապես այդ օրինաչափությունը արտահայտվում է պատահարի հաճախակիության կայունության մեջ:

Պատահական X մեծության մաթեմատիկական սպասումը՝ $\overline{X}$-ը, թիվ է, որը բնորոշվում է հետեւյալ հավասարությունով՝

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{t} x_i p_i : \qquad (2.80)$$

Եթե X-ը ընդհատվող մեծություն է եւ ներկայացված է բաշխման աղյուսակի ձեւով՝

$x_1, x_2, \ldots\ldots, x_t,$

$p_1, p_2, \ldots\ldots, p_t,$

որտեղ $x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n$ պատահական մեծության բոլոր հնարավոր արժեքներն են, իսկ $p_1, p_2, \ldots\ldots, p_n$ դրանց համապատասխանող հավանականությունները:

Պատահական մեծության մաթեմատիկական սպասումը կապված է դրա չափման արդյունքների միջին թվաբանականի հետ: Այսպես, օրինակ, եթե կատարվել է n չափում եւ ստացվել են դրա հնարավոր արժեքները $x_1(k_1$ անգամ), $x_2(k_2$ անգամ) …… $x_t(k_t$ անգամ), ապա միջին թվաբանականը՝ $\tilde{x}$-ը, հավասար կլինի՝

$$\tilde{x} = \frac{x_1 \cdot k_1 + x_2 \cdot k_2 + \ldots\ldots + x_t \cdot k_t}{n}, \qquad (2.81)$$

որտեղ $n = k_1 + k_2 + \ldots\ldots + k_t$ քանի որ $\frac{k_i}{n} = q_i$, ապա՝

$$\tilde{x} = x_1 \cdot q_1 + x_2 \cdot q_2 + \ldots\ldots + x_t \cdot q_t = \sum_{i=1}^{t} x_i q_i$$

Մեծ թվով չափումների դեպքում հաճախականությունը մոտենում է հավանականությանը՝ $q_i = p_i$:

Ուստի, փոխարինելով վերջին հավասարության մեջ q–ն p-ով, կունենանք՝ $\tilde{x} = \sum_{i=1}^{t} x_i \cdot p_i$ եւ կարող ենք համարել, որ մեծ թվով n չափումների (փորձարկումների) դեպքում միջին թվաբանականը՝ $\tilde{x}$-ը, մոտավորապես հավասար է $\overline{x}$ մաթեմատիկական սպասմանը:

Միջին թվաբանականի այս հատկությունը մեծ թվերի արտահայտություններից մեկն է, որը տվյալ դեպքում կարելի է ներկայացնել հետեւյալ տեսքով՝

$$\lim P\left(\left|\tilde{X} - x\right| < \varepsilon\right) = 1, \qquad (2.82)$$

որտեղ ε-ը ցանկացած փոքր դրական թիվ է:

Պատահական X մեծության դիսպերսիա է անվանվում D(x) թիվը՝

$$D(x) = (\tilde{X} - x)^2 :$$

Պատահական մեծության միջին քառակուսային շեղում է անվանվում դիսպերսիայից վերցրած քառակուսի արմատի դրական արժեքը՝

$$\sigma_x = \sqrt{D(x)} : \qquad (2.83)$$

Այժմ անցնենք չափման արդյունքների միջակայքային գնահատմանը:

Մենք արդեն գիտենք, թե ինչպես են որոշում որեւէ ֆիզիկական X մեծության ամենահավանական արժեքը հավասարաճիշտ եւ ոչ հավասարաճիշտ չափումների արդյունքներից եւ ինչպես են գնահատվում ստացված միջին թվաբանականի եւ միջին կշռայինի արժեքները:

Ստացված թվային արժեքները՝ L-ը եւ M-ը, անվանում են չափող մեծության կետային գնահատականը, սակայն մեծության իրական X արժեքը մնում է անհայտ:

Միջին թվաբանականի՝ L-ի, սահմանային սխալը՝ Δ-ն, թույլ է տալիս սակայն սահմանել այն միջակայքը, որի ներսում պետք է գտնվի X մեծության իրական արժեքը՝ նախօրոք սահմանված վստահելի P հավանականությամբ: Չափման արդյունքի վստահելի հավանականություն է համարվում այն P հավանականությունը, որով տվյալ մեծության իրական արժեքը տեղավորվում է J միջակայքում՝

$$(L - \Delta) \le X \le (L + \Delta) \qquad (2.84)$$

Ընտրելով P-ն՝ կարող ենք հաշվարկել միջակայքի սահմանները:

Միջին թվաբանականի՝ L-ի, սահմանային սխալը՝ Δ-ն, հավասար է $\Delta = M \cdot t$, որտեղ M-ը L-ի միջին քառակուսային սխալն է, իսկ t-ն թիվ է, որը կախված է ընդունված P վստահելի հավանականությու-

ցից եւ լրացուցիչ N չափումների քանակից: Տվյալ դեպքում N=n-1, որովհետեւ դիտվող դեպքում X մեծության մասին գաղափար ստանալու համար բավական է մեկ չափման արդյունք, մնացած (n-1) արդյունքները կլինեն լրացուցիչ:

Նշված t, P եւ N թվերը կապված են միմյանց հետ մաթեմատիկական օրինաչափությամբ, որը անվանում են Ստյուդենտի օրենք:

Աղյուսակում (2.5) բերված են t-ի այն արժեքները, որոնք համապատասխանում են գեոդեզիայում կիրառվող վստահելի հավանականություններին՝ 0.95, 0.9545, 0.99, 0.9973 եւ հետեւյալ թվերին. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20:

Աղյուսակ 2.5

N / P	0.95	0.9545	0.99	0.9973
2	4.30	4.52	9.92	8.5
3	3.18	3.31	5.84	9.20
4	2.78	2.87	4.61	6.63
5	2.57	2.65	4.04	5.50
6	2.45	2.68	3.71	4.91
8	2.31	2.36	3.36	4.28
10	2.23	2.28	3.17	3.96
20	2.08	2.13	2.85	3.42

Օրինակ: Անհրաժեշտ է որոշել Δ սահմանային սխալը եւ կառուցել J միջակայքը, որի մեջ գտնվում է X մեծության իրական նշանակությունը P=0.99 վստահելի հավանականությամբ հետեւյալ տվյալների համար՝

$L=25°17'54''$, $M=11''$, $N=3$:

Աղյուսակից գտնում ենք $t=5.84$, $\Delta=Mt=1'05''$

Հետեւապես իրական արժեքը կգտնվի հետեւյալ միջակայքում՝

$25°16'49'' \le L \le 25°18'59''$, եթե P=0.99:

Գծագրի վրա (նկ.2.1) հորիզոնական Δ առանցքի վրա տեղադրված են $+\overline{m}, -\overline{m}, +2\overline{m}, -2\overline{m}, +3\overline{m}, -3\overline{m}$:

$\overline{m}$-ը՝ ստանդարտն է, այսինքն, այն արժեքը, որին ձգտում է m միջին քառակուսային սխալը, երբ տվյալ շարքի չափումների Δ սխալների քիվը՝ n-ը, անսահման մեծանում է: $\overline{m}$-ը եւ որոշ մոտավորությամբ m-ը արտահայտում են տվյալ շարքի չափման առանձին սխալները եւ այդ սխալների ամբողջությունը: $-\overline{m}$-ից մինչեւ $+\overline{m}$ միջակայքը ընդգրկում է $\Delta_i \le |\overline{m}|$ սխալները, որոնց քանակությունը կազմում է սխալների ընդհանուր քանակության 68% (երբ $n\to\infty$): $-2\overline{m}$-ից $+2\overline{m}$ միջակայքում գտնվում են սխալների 95.45%, իսկ $-3\overline{m}$-ից $+3\overline{m}$ միջակայքում՝ 99.73%:

2.21 Անկյունային չափումների ճշտության գնահատումը բազմանկյուններում, եռանկյուններում եւ ընթացքներում առաջացած անկապքների հիման վրա

Այն դեպքերում, երբ ունենք N թվով թեոդոլիտային ընթացքներ, բազմանկյուններ կամ եռանկյունավորման ցանցերի եռանկյուններ, ապա հավասարաճիշտ անկյունային չափումների արդյունքները կարելի է գնահատել ստացված անկապքների օգնությամբ:

Քանի որ թեոդոլիտային ընթացքներում եւ պոլիգոններում յուրաքանչյուր f_i անկապքը ստացվում է n_i թվով (i=1,2,…N) չափված անկյունների գումարի արդյունքում, ուստի, առանձին անկյան միջին քառակուսային սխալը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\left[\frac{f_i^2}{n_i}\right]}{N}}, \qquad (2.85)$$

որտեղ n_i-ն՝ անկյունների քիվն է i-րդ պոլիգոնում կամ ընթացքում (i=1,2,…N),

N-ը՝ պոլիգոնների կամ ընթացքների քիվն է, որոնց համար հայտնի են f_i անկյունային անկապքները,

m_β-ն՝ միջին քառակուսային սխալի ճշտությունը գնահատվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$m_{\sigma_\beta} = \frac{m_\beta}{\sqrt{2N}}: \qquad (2.86)$$

Եթե պատահական սխալներից բացի, չափման արդյունքները կարող են պարունակել եւ սիստեմատիկ սխալներ, ապա այդ սխալների միջին արժեքը հաշվարկում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\overline{\theta}_\beta = \frac{[f_i]}{[n_i]}, \qquad (2.87)$$

եւ այս դեպքում՝

$$m_\beta = \sqrt{\frac{[f_i^2 \cdot n_i] - [n_i]\overline{\theta}_\beta^2}{N-1}}: \qquad (2.88)$$

Եթե f_i անկապքներն ստացվել են եռանկյունների երեք անկյունների գումարի շնորհիվ (եռանկյունավորման ցանցերում), ապա միջին քառակուսային սխալները կորոշվեն հետեւյալ բանաձեւով՝

$$m_\beta = \sqrt{\frac{[w_i^2]}{3N}}, \qquad (2.89)$$

որտեղ W_i յուրաքանչյուր եռանկյան անկապքն է:

Իսկ սիստեմատիկ սխալների առկայության դեպքում՝

$$m_\beta = \sqrt{\frac{[w_i^2] - 9N\overline{\theta}_\beta^2}{3(N-1)}} \qquad (2.90)$$

որտեղ՝

$$\overline{\theta}_\beta = \frac{[w_i]}{3N} \qquad (2.91)$$

2.22 Գեոդեզիական հաշվումների հիմունքները, ընդհանուր կանոններ:

Գեոդեզիական չափումների արդյունքները մշակելու համար օգտագործում են տարբեր աղյուսակներ եւ հաշվիչ մեքենաներ:

Քանի որ հաշվման արդյունքների ճշտությունը չի կարող ավել լինել ելման մեծությունների չափման ճշտությունից, առաջարկվում է նախապես որոշել հաշվման գործողությունների բավարար, բայց ոչ ավելորդ ճշտությունը: Պարզ հաշվումները, ոչ մեծ թվանշանների դեպքում, անհրաժեշտ է կատարել մտքով: Հաշվիչ մեքենաներով հաշվումները կատարելու ժամանակ անհրաժեշտ է ավելորդ թվանշաններից խուսափելու համար կլորացնել թվերը ընդունված կանոնների համաձայն: Ավելորդ են համարվում այն նիշերը, որոնք չեն համապատասխանում ելման տվյալների ճշտությանը:

Հաշվումների տվյալները գրանցելու համար անհրաժեշտ է օգտվել հատուկ սխեմաներից, բլանկներից, ամփոփագրերից՝ ընդունելով հաշվումների հաջորդականության ռացիոնալ ձեւը, խուսափելով ավելորդ գործողություններից: Անհրաժեշտ է նաեւ ապահովել միջանկյալ եւ վերջնական ստուգումներ:

Հաշվումների ընթացքում թվանշանները անհրաժեշտ է գրել պարզ եւ խնամքով, այնպես, որ դրանք կարողանա կարդալ մի ուրիշ դիտորդ:

Հաշվումները անհրաժեշտ է գրանցել թանաքով, սխալների վրա պետք է գիծ քաշել եւ վերեւում գրել ճիշտ արժեքները:

Բոլոր հաշվումները պարտադիր պետք է կատարվեն ստուգումով կամ երկու անճաոց կողմից կամ էլ կիրառելով տարբեր մեթոդներ: Հաշվումներից առաջ անհրաժեշտ է ստուգել բոլոր ելման տվյալները:

Չի թույլատրվում օգտվել սեւագրություններից, որոնք ավելորդ սխալների պատճառ են դառնում:

Գեոդեզիական հաշվումների ժամանակ օգտվում են չափման արդյունքներից, որոնք սխալներ են պարունակում, ուստի արտահայտվում են մոտավոր թվերով: Այդ թվերով կատարվող գործողություններն ունեն յուրահատկություններ, որոնք անհրաժեշտ է իմանալ եւ հաշվի առնել հաշվարկային պրոցեսը կատարելագործելու նպատակով:

Ճշգրիտ եւ մոտավոր թվեր

Ճշգրիտ թվերը արտահայտում են որեւէ մեծության իրական արժեքը: Սովորաբար նրանք ունենում են մաթեմատիկական ծագում: Օրինակ՝ հարթ, փակ բազմանկյան ներքին անկյունների գումարը ճիշտ հավասար է $180°(n-2)$: Քառանկյան անկյունագծերի թիվը ճիշտ հավասար է 2, 1 հեկտարը ճիշտ հավասար է $10000\ մ^2$ եւ այլն:

Մոտավոր թվեր: Դրանք արտահայտում են որեւէ մեծության արժեքը, որը ստացվել է չափումների արդյունքում, այսինքն, երբ տվյալ մեծությունը համեմատվել է միավորի հետ: Գեոդեզիական չափումների արդյունքները միշտ արտահայտվում են մոտավոր թվերով:

Թվերը (ճշգրիտ եւ մոտավոր) լինում են կլոր կամ կոտորակային եւ բաղկացած են կարգերից (տարակարգերից): Այսպես, օրինակ, տասնորդական կոտորակով արտահայտվող թվի մեջ ստորակետից ձախ հաջորդաբար դասավորված են միավորների, տասնավորների, հարյուրավորների, հազարավորների եւ այլն տարակարգերը: Ստորակետից աջ՝ միավորի տասնորդական, հարյուրերորդական, հազարերորդական եւ այլն մասերը:

Մոտավոր թվերի ճշտությունը

Եթե մոտավոր թիվը արտահայտում է որեւէ մեծության չափման արդյունք, ապա դրա ճշտությունը կախված է չափման սխալի մեծությունից:

Չափման արդյունքների թվային արտահայտության մեջ պահպանում են այնքան թվանշաններ, որքան ստացվում է հաշվանք կարդալու հարմարանք օգտագործելիս:

Օրինակ, եթե հաշվանքը հորիզոնական շրջանի վրա կարդացվել է 1' ճշտությամբ եւ արդյունքը հավասար է 35°, պետք է գրել 35°00' եւ ոչ թե 35° կամ 35°00'00":

Եթե հատակագծի վրա հատվածը չափվել է միլիմետրների բաժանված քանոնով եւ արդյունքում ստացվել է 14 սմ, պետք է գրել 14,00 սմ, եթե չափման ճշտությունը 0,01 սանտիմետր է:

Եթե հայտնի է չափման արդյունքի միջին քառակուսային կամ սահմանային սխալը, ապա արդյունքը կարելի է գնահատել, դասավորելով այն որոշ միջակայքում, որի մեջ պետք է գտնվի չափվող մեծության իրական արժեքը: Օրինակ, եթե D=356,75 մ երկարություն ունեցող հատվածի համար հայտնի է սահմանային Δ_u=0,18 մ սխալը, ապա չափման արդյունքը կարելի է ներկայացնել հետեւյալ տեսքով՝ D=356,75±0,18մ: Դա նշանակում է, որ հատվածի իրական նշանակությունը, որոշ հավանականությամբ, գտնվում է 356,57 մ-ից մինչեւ 356,92 մ միջակայքում:

Մեծ մասամբ տվյալ չափման արդյունքի սխալը մնում է անհայտ: Սակայն գեոդեզիական պրակտիկայում համարյա միշտ հայտնի է լինում տվյալ պայմաններին համապատասխանող բացարձակ կամ հարաբերական սահմանային սխալը: Այդ տվյալների հիման վրա կարելի է տալ տվյալ մոտավոր թվի (չափման արդյունքի) տիրույթային գնահատականը:

Օրինակ, եթե հայտնի է, որ D=112,35 մ երկարություն ունեցող հատվածը ստացվել է $\frac{1}{1000}$ հարաբերական սահմանային սխալով,կարելի է գրել, որ D=112,35± 0,11 մ:

Տասնորդական նիշեր: Գեոդեզիական չափումների արդյունքները մեծ մասամբ արտահայտում են տասնորդական կոտորակներով: Տասնորդական կոտորակի բոլոր թվանշանները, որոնք դասավորված են ստորակետից աջ, անվանում են տասնորդական նիշեր: Օրինակ՝ 123,17 մոտավոր թիվը ունի երկու տասնորդական նիշ, իսկ 15,7560 թիվը՝ չորս:

Նշանակալի (իմաստալի) թվանշաններ: Իմաստալի են անվանում բոլոր թվանշանները՝ սկսած առաջին ձախ թվանշանից (զրոյից տարբերվող) մինչեւ վերջին աջ թվանշանը: Աջից գտնվող զրոները չեն համարվում իմաստալի այն դեպքերում, երբ դրանք փոխարինում են մեզ անհայտ թվանշանները կամ դրված են ուրիշ թվանշանների փոխարեն կլորացման ընթացքում:

Օրինակ՝ երկրի շառավիղը հավասար է 6371 կմ: Այդ թվի մեջ կա 4 նշանակալի թվանշան: Սակայն, եթե մենք որոշ ճարտարագիտական հաշվարկների ժամանակ ընդունել ենք R=6400 կմ=64.10^2 կմ, ապա այդ մոտավոր թիվը բաղկացած կլինի երկու նշանակալի թվանշանից:

Օրինակ՝ 12.0, 40, 120.10^3, 0,514.10^4, $0,0056=56.10^{-4}$ թվերը ունեն համապատասխանաբար 2, 2, 3, 3, 2 նշանակալի թվանշաններ:

2.23 Թվաբանական գործողություններ մոտավոր թվերից օգտվելիս

Թվերի կլորացումը

Ավելորդ թվանշաններից խուսափելու համար, երբ դրանք չեն համապատասխանում պահանջվող ճշտությանը, առանձին ելման տվյալները անհրաժեշտ է կլորացնել:

Կլորացման եղանակները նույն են ինչպես ամբողջ, այնպես էլ կոտորակային թվերի համար:

Կլորացնել թիվը նշանակում է նետել աջ գտնվող թվանշանները մինչեւ թվի որոշակի տարակարգը, դրան համապատասխանող թվանշանի փոփոխման հնարավորությունով:

Օրինակ, եթե 132,584 թիվը կլորացվում է մինչեւ դրա տասնորդական մասի երկրորդ տարակարգը, ապա կլորացումից կստացվի 132,58: Եթե կլորացումը կատարվում է մինչեւ առաջին տարակարգը՝ արդյունքը կլինի 132,6: Շարունակելով կստանանք հետեւյալ կլորացված թվերը՝ 133, 13.10, $1,3.10^2$:

Գեոդեզիական հաշվարկների ժամանակ կիրառում են հետեւյալ կլորացման կանոնները:

1. Եթե առաջին նետվող թվանշանը (հաշված ձախից աջ) փոքր է 5-ից, ապա վերջին պահպանվող թվանշանը չի փոփոխվում:
   Օրինակ՝ 15,63 թիվը կլորացնելով մինչեւ առաջին տասնորդական թվանշանը պետք է գրենք 15,6, կամ 0,02499 թիվը, մինչեւ երկրորդ տասնորդական թվանշանը կլորացնելիս կունենանք՝ 0,02: 8449 թիվը, մինչեւ հարյուրների տարակարգը կլորացնելուց հետո կստանանք 8400 կամ 84.10^2 եւ այլն:
2. Եթե նետվող թվանշաններից առաջինը (ձախից աջ հաշված) մեծ է 5-ից, ապա վերջին պահպանվող թվանշանը ավելացնում են մեկով:
   Օրինակ՝ 24,6 մինչեւ միավորներ կլորացնելիս կստանանք՝ 25: 0,2361 մինչեւ տասնորդական մասի երկրորդ տարակարգը կլորացնելուց հետո՝ կստանանք 0,24: 1483 թիվը մինչեւ լրիվ հարյուրների տարակարգը կլորացնելուց հետո կունենանք $1500=15.10^2$: 0,00375 թիվը մինչեւ միավորի հազարերորդական մասը կլորացնելուց հետո կստանանք 0,004 կամ 4.10^{-3}:
3. Երբ նետվող թվանշանը հավասար է 5-ի, ապա վերջին պահպանվող թվանշանը ավելացնում են մեկով, եթե դա կենտ է, եւ թողնում են անփոփոխ, եթե դա զույգ է:
   Օրինակ՝ 4,55 կդառնա 4,6; 122,5-ը՝ 122 եւ այլն:

Հատկապես անհրաժեշտ է նշել այն դեպքը, երբ նետվող թվանշանը 5 է եւ առաջացել է նախորդ կլորացման արդյունքում:

Եթե 5 թվանշանը ստացվել է կլորացման շնորհիվ, այնպես, որ կատարվել է ավելացում, օրինակ, 0,1499 դարձել է 0,15, ապա 0,15 թիվը կլորացվում է 5 թվանշանը նետելով, 0,1 այլ ոչ թե 0,2: Եթե 0,15 թիվը ստացվել է 0,153 թվի պակասեցման արդյունքում, ապա կլորացման ժամանակ կստացվի 0,2:

Այսպիսով, մոտավոր թվերի կլորացումը անհրաժեշտ է կատարել մինչեւ պահանջվող տարակարգը, այլ ոչ թե մաս-մաս: Օրինակ՝ 565,46 թիվը մինչեւ միավորներ կլորացնելիս անհրաժեշտ է միանգամից գրել 565, այլ ոչ թե սկզբից ստանալ 565,5, իսկ հետո՝ 566, դա կլինի սխալ:

Անհրաժեշտ է նշել, որ կլորացման սահմանային սխալը հավասար է վերջին պահպանված տարակարգի նիշի կեսին ($\Delta_{սահմ}$=0,5 պահպանված տարակարգի միավորի) իսկ միջին քառակուսային սխալը հավասար է այդ միավորի 0,3-րդ մասին:

Այս առումով պետք է տարբերել մոտավոր թվերի գրանցումները իմաստավոր թվանշանների քանակից կախված:

Օրինակներ: Անհրաժեշտ է տարբերել 3,4 եւ 3,40 թվերը: 3,4 գրանցումը նշանակում է, որ իրական նշանակությունը կարող է լինել 3,35 կամ 3,45: 3,40 գրանցումը նշանակում է, որ իրական արժեքը կարող է լինել 3,405 կամ 3,395: Առաջին դեպքում սահմանային սխալը հավասար է 0,05, իսկ երկրորդ դեպքում՝ 0,005:

Մոտավոր թվերի գումարումը եւ հանումը

Մոտավոր թվերը գումարելիս կամ հանելիս վերջնական արդյունքի մեջ պետք է թողնել այնքան տասնորդական նիշեր, ինչքան եղել է այն գումարելիի մեջ, որի մեջ կար ավելի փոքր թվով տասնորդական նիշեր: Դրա համար միմյանց հետ գումարելուց առաջ մոտավոր թվերի տասնորդական մասերում պետք է թողնել այնքան նիշ, որքան կա ամենից փոքր քանակով տասնորդական նիշեր ունեցող թվի մեջ՝ գումարած մեկ:

Օրինակ: Գումարել հետեւյալ մոտավոր թվերը՝ 215,635+1,2+26,18+24,997: Ամենից քիչ տասնորդական նիշեր ունի 1,2 թիվը, ուստի պետք է գրել՝ 215,643+1,2+26,18+25,00=268,023=268,02:

Մոտավոր թվերի բազմապատկումը, բաժանումը եւ արմատի տակից հանելը

Մոտավոր թվերը բազմապատկելիս կամ բաժանելիս վերջնական արդյունքի մեջ պետք է թողնել այնքան իմաստալի թվանշաններ, որքան պարունակում է ամենաքիչ քանակով այդպիսի թվանշաններ ունեցող համաբազմապատկիչը:

Նախքան բազմապատկելը կամ բաժանելը մոտավոր թվերը կլորացնում են, թողնելով մեկով ավել թվանշան, համեմատած այն բազմապատկիչի հետ, որն ունի բոլորից քիչ քանակությամբ իմաստալի թվանշաններ:

Օրինակ: Հաշվարկել մոտավոր թվերի արտադրյալը. 106,504.1,3.0,3085: Կլորացնելով համաբազմապատկիչները՝ կունենանք՝
107.1,3.0,308=42,8428≈43:

Մոտավոր թիվը աստիճան բարձրացնելիս արդյունքի մեջ անհրաժեշտ է պահել այնքան իմաստալի թվանշաններ, որքան եղել է թվի հիմքի մեջ:

Օրինակ: $1,6^2\approx2,6$; $13,44^2\approx180,6$; $0,123^2\approx0,0151$; $0,3^3\approx0,03$:

Մոտավոր թվերից արմատ հանելու ժամանակ վերջնական արդյունքում անհրաժեշտ է պահել այնքան իմաստալի թվանշաններ, որքան եղել է արմատի տակ գտնվող թվի մեջ:

Օրինակ՝ $\sqrt{0,98}\approx0,99$; $\sqrt{130,8}\approx11,44$; $\sqrt[3]{10}\approx2,2$:

Ռադիանով չափվող անկյունների միջոցով կատարվող մոտավոր հաշվարկները

Այդ եղանակով հաշվարկներ են անում, երբ վերջնական արդյունքը բավական է ստանալ երկու, երեք իմաստալի թվանշաններով:

Ցանկացած կենտրոնական անկյան ռադիանային արժեքը՝ $\beta_{ռադ}$, հավասար է այդ անկյանը համապատասխանող ℓ աղեղի եւ շրջանագի R շառավղի հարաբերությանը՝

$$\beta_{ռադ}=\frac{\ell}{R}$$

Եթե $\ell=\ell_0$=R, ապա β=1 ռադիան:

Ուստի 1 ռադիանն այն կենտրոնական անկյունն է, որի վրա հենվող աղեղի երկարությունը հավասար է շառավղին:

Շրջանագծի ամբողջ երկարության հարաբերությունը շառավղի երկարությանը հավասար է $2\pi\approx6,283185$ ռադ.: Քանի որ շրջանագծին համապատասխանող աստիճանների թիվը հավասար է 360-ի, իսկ ռադիանների թիվը հավասար է 2π, ուստի կարելի է գրել՝

$$\rho^\circ=\frac{360^\circ}{6,28318}=57,2958^\circ=57,3^\circ,$$

$$\rho'=\frac{360\cdot60'}{6,28318}=3438',$$

$$\rho''=\frac{360\cdot60\cdot60''}{6,28318}=206265''$$

Եթե որեւէ β անկյուն արտահայտված է աստիճաններով կամ րոպեներով, կամ էլ վայրկյաններով ($\beta_{ռադ.}$), ապա դրա արժեքը ռադիաններով ստանալու համար օգտվում են հետեւյալ հարաբերություններից՝

$$\beta_{ռադ}=\frac{\beta^\circ}{\rho^\circ}=\frac{\beta'}{\rho'}=\frac{\beta''}{\rho''}$$

Վերը նշված դատողություններից բխում է, որ ռադիանը վերացական թիվ է: Սակայն պետք է հիշել, որ ֆիզիկական մեծությունների միջազգային համակարգում (СИ) ռադիանը հարթ անկյան չափման միավոր է (ռադ):

Օրինակ 1: Որոշել β=19°06' անկյան ռադիանային արժեքը՝ կլորացնելով արդյունքը մինչեւ 3 իմաստալի թվանշան:

$$\beta_{ռադ}=\frac{19,1^\circ}{57,3^\circ}=\frac{1}{3}\approx0,333\,ռադ$$

Օրինակ 2: Երկու իմաստալի թվանշանի ճշտությամբ որոշել φ=0°05'10" անկյան ռադիանային արժեքը:

$$\varphi_{ռադ}=\frac{5,2'}{3438'}=0,0015\ ռադ,$$

կամ

$$\varphi_{ռադ}=\frac{310''}{206265''}\approx\frac{310}{206\cdot10^3}=1,5\cdot10^{-3}\,ռադ,$$

$\beta_{ռադ}=\frac{\ell}{R}$ հարաբերությունից բխում է, որ $\ell=R\beta_{ռադ}=R.\frac{\beta^\circ}{\rho^\circ}=R\frac{\beta'}{\rho'}=R\frac{\beta''}{\rho''}$:

Օրինակ 3: Հաշվարկել աղեղի երկարությունը, եթե շառավիղը R=86 մ եւ կենտրոնական անկյունը β=0°25':

$$\ell=86\ մ\cdot\frac{25'}{3438'}=0,62\ մ:$$

Նույն հարաբերությունից բխում է, որ

$$\beta^\circ=\frac{\ell}{R}\cdot\rho^\circ;\quad\beta'=\frac{\ell}{R}\cdot\rho';\quad\beta''=\frac{\ell}{R}\cdot\rho''$$

Օրինակ 4: Հաշվարկել կենտրոնական θ անկյունը (վայրկյաններով):

Շրջանագծի աղեղի երկարությունը հավասար է՝ ℓ=21 մմ, շառավիղը՝ R=104 մ:

$$\tau''=\frac{\ell մ}{R մ}\cdot\rho''=\frac{0,021}{104}\cdot206265''=42'':$$

ԳԼՈՒԽ 3

ԳԾԱՅԻՆ ԵՎ ԱՆԿՅՈՒՆԱՅԻՆ ՉԱՓՈՒՄՆԵՐ

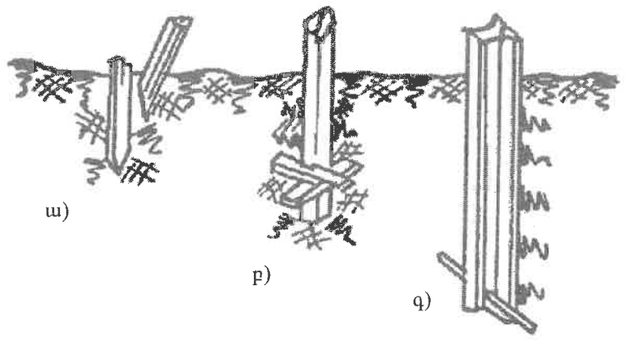
3.1. Գծային չափումներ

3.1.1. Կետերի ամրացումը տեղանքի վրա եւ գծերի նշաձողումը

Գծերի հատվածները, որոնք ենթակա են չափման, ինչպես նաեւ գծերով կազմված անկյունների գագաթները տեղանքի վրա ամրացվում են հատուկ նշանակետերի միջոցով: Կախված տեղանքի պայմաններից եւ նշանակետերի պահպանման տեւողությունից, դրանց կառուցվածքը լինում է տարբեր: Ոչ ճշգրիտ աշխատանքներ կատարելիս կետերը ամրացնում են պարզ ձեւով՝ ցցափայտերի միջոցով: Այդ ցցափայտերը լինում են մոտ 30 սմ երկարությամբ, 4-5 սմ տրամագծով եւ խփվում են գետնի մեջ դրա մակերեսի հետ հավասար: Որպեսզի կետը երեւա տեղամասի վրա, դրա մոտ ամրացնում են ցցանիշ կոչվող երկրորդ ցցափայտը, գետնի մակերեւույթից 10 սմ բարձր: Ցցանիշի վրա՝ գրում են կետի համարը կամ անվանումը: Կետի շուրջը փորում են 0.5-1.0 մ տրամագիծ ունեցող շրջանաձեւ կամ քառակուսի փոսիկ: Կետի դիրքը ավելի ճշգրիտ նշելու համար ցցափայտի մեջտեղում խփում են մեխ (նկ.3.1ա):

Եթե նշահարվող կետը պետք է պահպանվի մի քանի ամիս եւ ավելի, ցցիկի փոխարեն գետնի մեջ ամրացվում է փայտյա սյուն 1.0-1.5 մ երկարությամբ: Սյան ներքեւի մասում ամրացնում են խաչաձեւ ձողիկներ (նկ.3.1բ):

Ավելի երկար ժամանակ պահպանվում են երկաթբետոնե սյուները, որոնց հաստությունը լինում է 10 սմ, իսկ երկարությունը՝ 1.2-1.5 մ: Սյուները կարող են պատրաստվել նաեւ խողովակներից, անկյունակներից, ռելսերից: Սյան ներքեւի մասում խաչաձեւ ամրացնում են երկաթե կտորներ (նկ.3.1գ): Օգտագործում են նաեւ ասբեստե խողովակներ:



Նկ. 3.1.

Մետաղից պատրաստված նշանակետերի վերեւի մակերեսի վրա արվում են 2-3 մմ տրամագիծ ունեցող անցքեր: Գեոդեզիական կետերի ամրացման վերաբերող հարցերը նշված են նաեւ 4-րդ գլխում:

Գծային եւ անկյունային չափումների ընթացքում գեոդեզիական կետերի վրա տեղակայվում են ժամանակավոր կամ մշտական նշաձողեր կամ նշաններ:

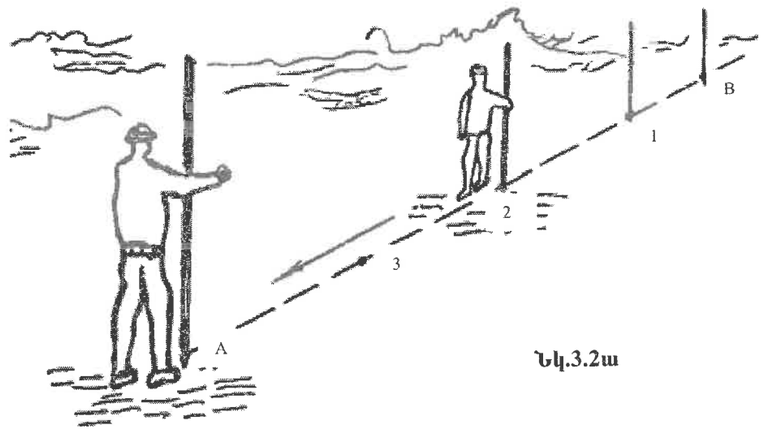
Ժամանակավոր փոխադրվող նշաձողերը իրենցից ներկայացնում են կլոր կամ բազմանկյան ձեւի կտրվածք ունեցող 4-5 սմ հաստության եւ 2-3 մետր երկարության փայտե ձողեր: Տարբեր ֆոնի վրա լավ երեւալու համար դրանց կողային մակերեսը ներկում են սպիտակ եւ կարմիր գույնով 20 սանտիմետր բարձրություն ունեցող օղակների տեսքով:

Երբ կետերի միջեւ եղած հեռավորությունը մեծ է (մի քանի կիլոմետր), դրանց վրա կառուցում են փայտե կամ մետաղական բուրգեր (նկ.4.4ա) կամ ավելի բարդ կառուցվածք ունեցող սիգնալ (ազդանշան) կոչվող կառույցներ (նկ.4.5):

Այդպիսի կետերի երկարակեցությունը ապահովելու համար դրանք իրականացվում են կենտրոն կոչվող կառույցների ձեւով, որոնք ներկայացնում են երկաթբետոնից պատրաստված մենաքարեր: Դրանցից ամենաներքեւինը տեղակայում են 2.2 մ խորության վրա, իսկ վերեւինը՝ 0.5 մետր խորության վրա (նկ.4.3, 4.11): Մենաքարերի մեջ ամրացված 2 կամ 3 դրոշմանիշերի կենտրոնները պետք է գտնվեն միեւնույն, տվյալ կետով անցնող ուղղածիգ գծի վրա: Որպեսզի կետի (կենտրոնի) վրա տեղակայվի գեոդեզիական գործիքը, անհրաժեշտ է բացել հողի վերին (0.5 մ խորությամբ) շերտը, զգուշությամբ մաքրել կենտրոնի վերին մասում ամրացված դրոշմանիշը հողից եւ դրա անցքի վրա կենտրոնադրել քեռոդոլիտը: Աշխատանքը ավարտելուց հետո անհրաժեշտ է վերականգնել հողաթումբը: Նշված ձեւով ամրացվում են պետական գեոդեզիական ցանցերի կետերը (4.2):

Գծերի նշաձողումը

Գծերը ժապավեններով կամ չափերիզներով չափելու ընթացքում չափող սարքը պետք է գտնվի հատվածի ծայրակետերով անցնող ուղղածիգ հարթության մեջ, ինչպես ասում են, գծահամատեղման ուղղությամբ: Երբ չափում են երկար գծեր (100 մետրից ավելի), կամ բարդ ռելիեֆի վրա գտնվող գծեր, դրանց գծահամատեղման ուղղությամբ տեղակայում են լրացուցիչ նշաձողեր, բացի այն նշաձողերից, որոնք գտնվում են հատվածի ծայրակետերում: Այդ գործողությունը անվանում են գծերի նշաձողում: Լրացուցիչ ձողերը, կախված տեղանքի ռելիեֆից, տեղակայվում են միմյանցից 50-100 մետր հեռավորության վրա:



Նկ.3.2ա

Նշաձողումը կարելի է իրագործել աչքաչափով, հեռադիտակի կամ գործիքի դիտակի օգնությամբ: Համեմատաբար կարճ գծերը (մինչեւ 200 մ) սովորաբար ձողում են աչքաչափով: Դրա համար հատվածի ծայրակետերում տեղակայում են ուղղածիգ վիճակում նշաձողեր: Դիտողը կանգնում է հատվածի մի ծայրում (A կետում), նշաձողի հետեւը (նկ.3.2ա) եւ ուղարկում է բանվորին դեպի հատվածի մյուս ծայրը (դեպի B կետը), բացատրելով նրան ձողերի տեղակայման մոտավոր տեղերը:

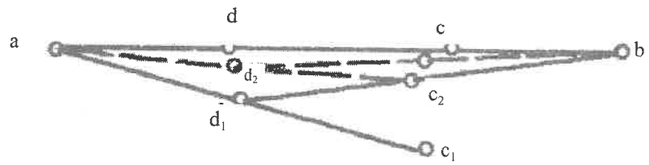
Առաջին կետում բանվորը տեղակայում է նշաձողը այնպես, որ դա A կետում գտնվող դիտողի համար ծածկի B կետում տեղակայված նշաձողը: Դրանից հետո բանվորը տեղափոխվում է 2-րդ կետը, այնուհետեւ՝ երրորդ եւ մյուս կետերը: Այդպիսի ձողումը անվանում են դեպի դիտողը՝ "դեպի ինձ" (B կետից դեպի A կետը): Եթե ձողումը սկսվի դիտողին ամենամոտ գտնվող կետից, ապա այդ կետում

նշաձողը տեղակայելուց հետո դա կծածկի դիտողի համար այն ուղղությունը, որի վրա պետք է տեղադրվեն հաջորդ նշաձողերը, եւ ձողման պրոցեսը կբարդանա:

Եթե ձողումը կատարվում է գործիքի օգնությամբ, ապա դա տեղակայվում է A կետում, եւ դիտակի դիտոցային առանցքը ուղղվում է B կետի նշաձողին: Լրացուցիչ 1, 2, 3 ձողերը տեղակայում են այնպես, ինչպես նշված է վերեւում: Կախված տեղանքի պայմաններից՝ գծի նշաձողման ընթացքում կարող են հանդիպել զանազան դեպքեր: Ամենապարզ դեպքը, երբ նշաձողվող AB գիծը գտնվում էր բաց եւ հարթ տեղավայրում, նկարագրված է վերեւում:

Դիտարկենք եւս երեք դեպք:

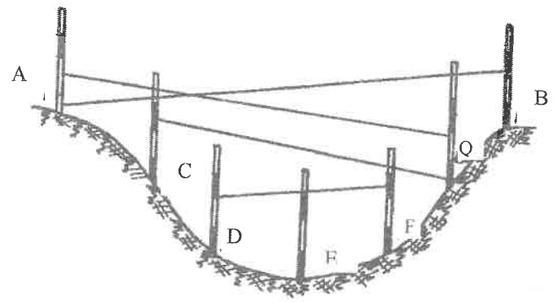
Ենթադրենք, գիծը, որի A եւ B կետերում ուղղաձիգ վիճակում տեղակայված են նշաձողեր, գտնվում է այնպիսի դրությամբ, որ A կետից չի երեւում B կետը: Գծի հորիզոնական պրոյեկցիան (ab) ցույց է տրված գծագրում (նկ.3.2բ) :



Նկ.3.2բ

Այս դեպքում դիտողը եւ օգնականը, մեկական նշաձող բռնելով, կանգնում են AB գծին ամենից մոտ գտնվող c_1 եւ d_1 կետերում այնպես, որ c_1 եւ d_1 կետերից երեւան a եւ b կետերը: Այնուհետեւ c_1 կետում կանգնած դիտողը տեղափոխում է օգնականին d_1 կետը այնպես, որ նրա ձեռքում գտնվող նշաձողը ուղղաձիգ դիրքում ծածկի a կետի նշաձողը: Դրանից հետո օգնականը տեղափոխում է դիտողին c_1 կետից c_2 կետը: Վերը նշված ձեւով այդ տեղաշարժումները կատարվում են այնքան ժամանակ, մինչեւ c եւ d կետերը գտնվեն գծահամատեղվածքում:

Եթե AB գիծը հատվում է հեղեղատով, ապա նշաձողերը կանգնեցվում են այնպես, ինչպես ցույց է տրված գծագրի վրա (նկ.3.2գ):

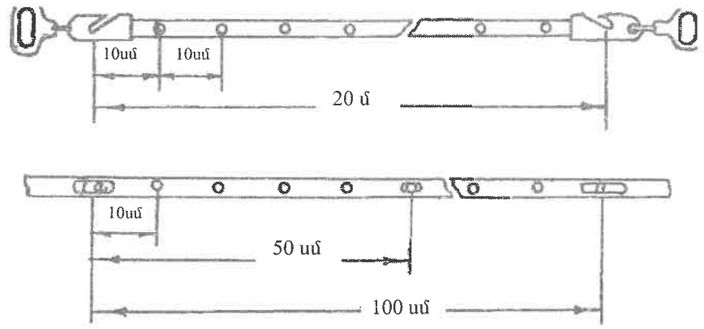


Նկ.3.2գ

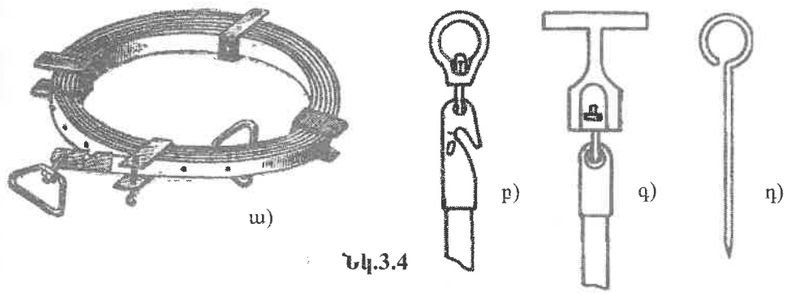
3.1.2. Գծերի անմիջական չափման համար օգտագործվող սարքերը

Գծերի անմիջական չափման համար օգտագործվում են գծիկային եւ սանդղակային ժապավեններ եւ չափերիզներ: Ժապավենները պատրաստվում են 15-25 մմ լայնություն եւ 0.3-0.4 մմ հաստություն ունեցող պողպատե ժապավենից: Ավելի նեղ ու բարակ ժապավենից պատրաստում են չափերիզներ:

Գծիկային ժապավենները անվանում են ԼՁ-20, ԼՁ-24, ԼՁ-50: 20, 24, 50: Թվերը համապատասխանում են ժապավենի ծայրամասերում գծած գծիկների միջեւ եղած հեռավորությանը, երբ ժապավենը ձգված է 98 Ն (20 կԳ) ուժով (նկ.3.3, նկ.3.4):



Նկ.3.3



Նկ.3.4

Գծիկները ժապավենի ծայրերում գծվում են հաստ թիթեղների վրա թեք ակոսների դիմաց, որոնց մեջ գծի չափման ընթացքում անց են կացնում հաստ լարից պատրաստված գամասեղ (շպիլկա) կոչվող պողպատե ցցիկներ (նկ.3.4դ), որոնք ունեն 5 մմ հաստություն եւ 30-40 սմ երկարություն:

Ժապավենի վրա մետրանոց բաժանքները նշվում են թիթեղների վրա տպված թվերով, որոնք ցույց են տալիս հեռավորությունները ժապավենի մի ծայրից մինչեւ տվյալ թիթեղիկը: Ժապավենի մյուս երեսում թիթեղիկի վրա տպված է լինում հակառակ ծայրից եղած հեռավորությունը: Այսպես, ամենատարածված 20 մետրանոց ժապավենի վրա, եթե մի կողմում գրված է 7 թիվը, ապա մյուս կողմում գրված կլինի 13: Կես մետրանոց բաժանումները նշված են տափօղակներով, իսկ դեցիմետրանոց հեռավորությունները՝ երկու միլիմետր տրամագիծ ունեցող անցքերով: Նկարագրված ժապավենի վրա հաշվանքի ճշտությունը ընդունվում է հավասար 0.01 մետրի (նկ.3.3):

Տեղափոխման եւ պահպանման համար ժապավենը փաթաթվում է մետաղական օղակի վրա (նկ.3.4ա), որն ունի լայնական ելուստներ:

Դրանցից մեկի մեջ ամրացվում է պտուտակ, որն արգելակում է ժապավենի բացմանը: Ժապավենի լրակազմի մեջ մտնում են 6 կամ 11 ցցիկներ, որոնց միջոցով հողի վրա նշվում է տեղաղրված ժապավենը (նկ.3.4դ):

Սանդղակային ժապավենները տարբերվում են գծիկային ժապավեններից նրանով, որ դրանց ծայրամասերում կան մեկ դեցիմետր երկարություն ունեցող միլիմետրերի բաժանված սանդղակներ, որոնք հնարավորություն են ստեղծում բարձրացնել չափման ճշտությունը:

Սանդղակային ժապավենները արտադրվում են ԼՁՇ-20, ԼՁՇ-24, ԼՁՇ-50 անվանումներով: Այդ չափիչ սարքերը օգտագործելիս դրանց ծայրամասերում գտնվող միլիմետրանոց բաժանքները ֆիքսվում են գծի չափման ժամանակ ասեղներով, կամ դանակներով փայտյա ցցիկների վրա:

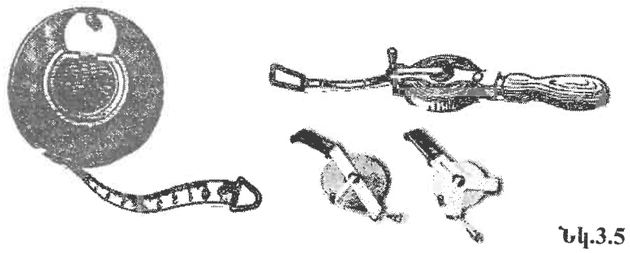
Օգտագործվում են նաեւ ժապավեններ, որոնց երկարությունը հաշվվում է բռնակների հարթ մակերեսներից (նկ.3.4գ):

Գծերի երկարությունները չափելիս ավելի բարձր ճշտություն են ապահովում մոտ 2 մմ տրամագիծ ունեցող չափալարերը, որոնք պատրաստվում են հատուկ ձուլվածքից՝ ինվարից: Ինվարը երկաթի

եւ նիկելի համաձուլվածք է, որն ունի փոքր ջերմաընդարձակման գործակից (երկաթից 40 անգամ փոքր): Չափալարերի ծայրում ամրացված են միլիմետրերի բաժանված սանդղակներ: Ինվարից պատրաստված չափալարերի երկարությունը լինում է 24 կամ 48 մետր: Չափալարերը ձգվում են հատուկ սարքերի օգնությամբ 98 Ն (20 Կգ) ուժով կալանների վրա կախված վիճակում: Դա թույլ է տալիս գծերի չափման ժամանակ հասնել հնարավոր մեծ ճշտության: Այդ ճշտությունները գնահատվում են 1:500000-ից մինչեւ 1:1000000-ի հարաբերական սխալով: Պողպատյա ժապավենով գիծը հնարավոր է չափել 1:2000 – 1:5000 ճշտությամբ:

Գծերի չափման համար բացի ժապավեններից լայն կիրառում են գտել 5, 10, 20, 50 եւ 100 մետր երկարության պողպատե չափերիզները: Դրանք տեղադրվում են (հավաքվում են) հատուկ տուփերի մեջ փաթաթված վիճակում (նկ.3.5):

Ռուսաստանում արտադրվում են հետեւյալ տիպի չափերիզներ. РС՝ ինքնահավաքվող չափերիզներ, РЖ՝ ակոսավոր չափերիզներ, РК եւ РВ՝ ածխածնավոր պողպատից պատրաստված չափերիզ



Նկ.3.5



Լազերային չափերիզ

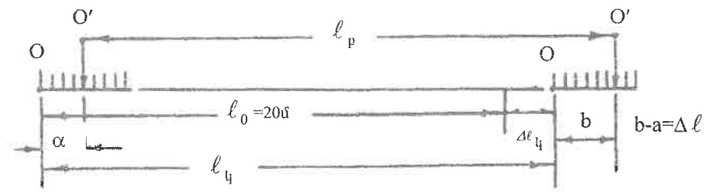
ներ: РК չափերիզը իրենից ներկայացնում է 1 սմ լայնություն եւ 50, 75 կամ 100 մետր երկարություն ունեցող ժապավեն: РС չափերիզի երկարությունը լինում է 10, 20, 30, 50 մետր: Ամենափոքր բաժանքի արժեքը 1 միլիմետր է: Լազերային չափերիզի ճշտությունը (1,5-3) մմ:

3.1.3. Չափիչ սարքերի կոմպարացումը (համեմատումը)

Ժապավենները եւ չափերիզները օգտագործելուց առաջ անհրաժեշտ է որոշել դրանց փաստացի երկարությունը: Դրա համար չափիչ սարքը համեմատում են մի ուրիշ չափիչ սարքի հետ, որի երկարությունը որոշված է բարձր ճշտությամբ: Այդ սարքը անվանում են նորմալ կամ օրինակելի չափանիշ: Դա օգտագործվում է միայն ստուգումների համար եւ պահվում է այնպես, որ ժամանակի ընթացքում չփոփոխվի դրա երկարությունը: Նորմալ սարքի երկարությունը տրվում է, այսպես կոչված, ժապավենի բանաձեւի տեսքով, որը բնորոշում է դրա երկարությունը որոշակի ջերմաստիճանի դեպքում: Աշխատանքի համար նախատեսված ժապավենը նորմալ ժապավենի հետ համեմատելու համար կատարվող գործողությունները անվանում են համեմատում: Հարթ մակերեւույթի վրա տեղադրվում են բանվորական եւ նորմալ ժապավենները միմյանց կողք այնպես, որ դրանց զրոյական նշագծերը համընկնեն: Այդ վիճակում ժապավենների ծայրերը ամրացնում են, իսկ մյուս ծայրերին միացնում են դինամոմետրեր (ուժաչափեր), որոնց օգնությամբ երկու ժապավենները ձգվում են 98 Ն ուժով:

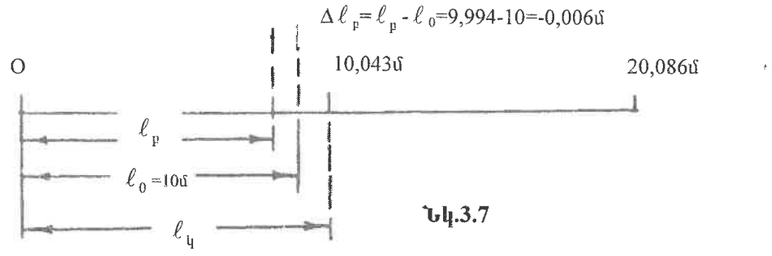
Եթե դինամոմետրերի մոտ գտնվող ժապավենների ծայրերի գծիկները միմյանց հետ չեն համընկնում, ապա դրանց միջեւ եղած $\Delta\ell$ հեռավորությունը չափում են միլիմետրերի բաժանված քանոնով: Այս ճանապարհով որոշվում է բանվորական չափիչ սարքի (ժապավենի կամ չափերիզի) երկարությունը:

Համեմատումը կարող է կատարվի հատուկ հարմարանքի (գործիքի) վրա, որը կոչվում է կոմպարատոր (համեմատիչ): Ամենապարզ կոմպարատորը կարելի է իրագործել հետեւյալ ձեւով: Հարթ մակերեւույթի վրա, օրինակ, բետոնե հիմքի վրա, ամրացնում են երկու, նախապես միլիմետրերի բաժանված, սանդղակներ ունեցող պողպատե թիթեղիկներ (8-10 սմ երկարությամբ): Սանդղակների զրոների հեռավորությունները պետք է մոտավորապես հավասար լինեն ստուգվող ժապավենի կամ չափերիզի երկարությանը, օրինակ, 20 մետրի: Նորմալ (ստույգ) ժապավենի օգնությամբ խնամքով, հնարավոր բարձր ճշտությամբ որոշում են կոմպարատորի $\ell_կ$ երկարությունը, այսինքն, դրա սանդղակների զրոների միջեւ եղած հեռավորությունը (նկ.3.6 եւ 3.7):



Նկ.3.6

Ստուգվող բանվորական ժապավենը փռում են կոմպարատորի հարթ մակերեսի վրա եւ ձգում 98 Ն ուժով: Այդ ժապավենի ծայրերում գտնվող 0′0′ գծիկներով կատարում են սանդղակների վրա հաշվանքներ (a եւ b) եւ որոշում են, թե ինչքանով է բանվորական ժապավենի երկարությունը՝ $\ell_р$-ն մեծ կամ փոքր կոմպարատորի երկարությունից (էտալոնից)՝ $\ell_կ$-ից, ելնելով հետեւյալ դատողությունից՝



Նկ.3.7

$\ell_կ$+b-a=$\ell_р$, $\ell_р$-$\ell_կ$=b-a=Δℓ, որտեղից բանվորական ժապավենի երկարությունը՝ $\ell_р$=$\ell_կ$+Δℓ:

Այժմ ենթադրենք, որ բանվորական ժապավենի վրա, որը ենթարկվում է ստուգման, գրված է դրա անվանական երկարությունը, օրինակ, 20 մ, որը պետք է ապահովվեր գործարանի կողմից: Հանելով այդ մեծությունը կոմպարատորի ճշգրիտ որոշված երկարությունից՝ $\ell_կ$-ից, կստանանք Δ$\ell_կ$=$\ell_կ$-20 մ: Այդ մեծությունը ցույց է տրված գծագրի վրա Δ$\ell_կ$ հատվածի ձեւով: Գծագրից երեւում է, որ $\ell_р$=20մ+Δ$\ell_կ$+b-a=20մ+Δ$\ell_կ$+Δℓ (նկ. 3.6):

Նշանակենք Δ$\ell_կ$+Δℓ=Δ$\ell_р$, ուստի $\ell_р$=20մ+Δ$\ell_р$: Δℓ, Δ$\ell_կ$, Δ$\ell_р$-ն կարող են ունենալ թե՛ դրական եւ թե՛ բացասական նշաններ: Δ$\ell_р$-ն անվանում են բանվորական սարքի համեմատման ուղղում:

Տեղամասի վրա բանվորական ժապավենով (կամ չափերիզով) գծերը չափելիս ամեն անգամ ժապավենը տեղադրելու ընթացքում թույլ են տալիս Δ$\ell_р$ սխալը: Եթե բանվորական ժապավենի երկարությունը մեծ է դրա անվանական երկարությունից, օրինակ, 20 մետրից, այսինքն, Δ$\ell_р$-ն դրական է, ապա գծի չափման արդյունքը՝ D-ն, անհրաժեշտ է երկարացնել (ավելացնել) n·Δ$\ell_р$ չափով, որտեղ $n=\frac{D}{20}$ եւ հակառակը, եթե Δ$\ell_р$-ն բացասական է, գծի չափման արդյունքը անհրաժեշտ է պակասեցնել n·Δ$\ell_р$ չափով՝

$$n\cdot\Delta\ell_р = \Delta D_р \qquad (3.1)$$

Օրինակ: Հաշվարկել չափված գծի իրական երկարությունը, եթե բանվորական ժապավենով չափելիս դրա չափման արդյունքը հավասար է եղել՝ $D_{չափ}$=216.75մ, իսկ Δ$\ell_р$=+0.0034մ, n=216.75:20≈10:

$\Delta D_р$=nΔ$\ell_р$=10·0.0034=0.034մ, $D=D_{չափ}+\Delta D_р$=216.75+0.034=216.78մ:

Այն դեպքում, երբ բանվորական ժապավենով ոչ թե չափում են գծերը, այլ տեղադրում են (նշահարում են) տեղամասի նախօրոք տրված հատվածների նախագծային երկարությունները, Δ$\ell_р$ ուղղումը փոխում է իր նշանը: Օրինակ, եթե նույն ժապավենով անհրաժեշտ է տեղադրել հողակտորի վրա 216.75 մ, ապա այդ երկարությունը տեղադրելուց հետո անհրաժեշտ է հետ վերադառնալ գծի ուղ-

ղությամբ 0.034 մ չափով: Նշահարված կետի հեռավորությունը սկզբնակետից (հատվածի մյուս ծայրից) հավասար կլինի 216.75 մ: Եթե այժմ նշահարված հատվածը նորից չափենք նույն ժապավենով, ապա կստանանք 216.72 մ: Ճիշտ արդյունք ստանալու համար այդ արժեքին պետք է գումարենք ΔD_p-ն, այսինքն, 0.034 մ: Արդյունքում կստացվի 216.72+0.034=216.75 մ, այսինքն, նշահարված հատվածի մեծությունը:

Այսպիսով, եթե ժապավենի վրա գրված է 20 մ, իսկ դա փաստորեն ավելի երկար է ($\Delta \ell_p$-ով), ապա գիծը չափելիս ստացված արդյունքը՝ D-ն, անհրաժեշտ է մեծացնել $n\cdot\Delta \ell_p$ չափով, իսկ հատվածները նշահարելիս դրանց ծայրերից հետ վերադառնալ $n\cdot\Delta \ell_p$ մեծության չափով: Եթե ժապավենը կարճ է, կատարվում է հակառակ գործողություն:

Արտադրության մեջ 10, 20, 24, 50 եւ100 մետրանոց ժապավենները եւ չափերիզները ստուգելու համար նախօրոք ստեղծում են դաշտային մշտական կոմպարատոր (համեմատիչ): Այն իրենից ներկայացնում է տեղանքի վրա ամրացված մի գծի վրա գտնվող հատվածներ, որոնց երկարությունները համեմատական են նշված չափիչ սարքերի երկարություններին: Դա իրագործվում է հետեւյալ ձեւով:

Կոմպարատորի ընդհանուր երկարությունը վերցնում են հավասար 120 մ եւ ամրացնում են այն երեք կետերով այնպես, որ միջանկյալ կետը բաժանի ծայրակետերի միջեւ եղած ամբողջ երկարությունը երկու հատվածի՝ 20 մ եւ 100 մ երկարությամբ: Այդ հատվածները բարձր ճշտությամբ չափում են ինվարային չափալարերի լրակազմով:

Աշխատանքային (ստուգվող) սարքով անհրաժեշտ հատվածը չափում են 4–5 անգամ՝ հաշվի առնելով ջերմաստիճանը: Ենթադրենք, որ ստուգվող սարքը 10 մետրանոց չափերիզ է (ℓ_0=10 մ), եւ դրանով չափվել է 20 մետրանոց հատվածը, որի ինվարե լարերով չափումներից ստացված ճշգրիտ երկարությունը հավասար է 20.086 մետրի: Չափման չորս արդյունքներից միջին թվաբանականի արժեքը եղել է հավասար 20.098 մ: Քանի որ 20 մետրանոց հատվածի մեջ չափերիզը տեղադրվել է երկու անգամ, ուրեմն դրա երկարությանը (10 մետր) համապատասխանող չափման արդյունքը կլինի 20.098:2=10.049 մ:

Եթե բանվորական չափերիզի երկարությունը հավասար լիներ 10 մ, ապա կոմպարատորի երկարությունը (20 մետրանոց հատվածի կեսը) այդ չափերիզով չափելիս պետք է ստացվեր հավասար 10.043 մ: Սակայն աշխատանքային չափերիզով դրա փոխարեն ստացվել է 10.049 մ: Դա նշանակում է, որ դրա երկարությունը՝ ℓ_p-ն, կարճ է 10 մետրից 0.006 մետրով, այսինքն, ℓ_p=10–0.006=9.994 մ:

Այսպիսի չափերիզով հատվածները չափելիս անհրաժեշտ է արդյունքներից հանել $0.006\cdot n$ մ, որտեղ $n=\frac{D}{10}$:

Գծի երկարության մեջ մտցվող ուղղումը ջերմաստիճանի ազդեցությունը վերացնելու համար

Ինչպես նշվել էր, համեմատման ընթացքում անհրաժեշտ է չափել օդի ջերմաստիճանը՝ t_0-ն: Եթե բանվորական սարքով տեղամասի վրա գիծը չափելիս օդի ջերմաստիճանը՝ t-ն, տարբերվի t_0-ից ավելի քան 6°-ով, ապա անհրաժեշտ է չափման արդյունքի մեջ մտցնել

$$\Delta D_t=\alpha(t-t_0)\cdot D \qquad (3.2)$$

ուղղումը:

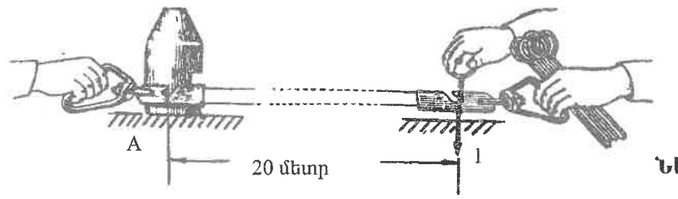
α-ն, որը երկաթե ժապավենների եւ չափերիզների համար հավասար է $\alpha=0.0000125=(12.5\cdot10^{-6})$, պողպատի գծային ջերմաընդարձակման գործակիցն է: D-ն գծի երկարությունն է: Եթե t-ն փոքր է t_0-ից, ուրեմն ժապավենը կարճացել է, եւ ուղղումը կունենա բացասական նշան: Եթե t-ն մեծ է t_0-ից, ուղղումը կունենա դրական նշան:

Ժապավենի ջերմաստիճանը չափում են, պտտելով ջերմաչափը օդի մեջ: Դրա համար կան օղակ ունեցող հատուկ ջերմաչափեր: Կարելի է նաեւ հագցնել ջերմաչափը երկաթյա տուփի մեջ եւ ամրացնել այն ժապավենին:

3.1.4. Գծերի չափումը ժապավենով եւ չափերիզով

Գծերը չափելուց առաջ չափվող գծի ուղղությամբ հեռացնում են խոչընդոտները՝ քարերը, թփերը եւ այլն եւ կատարում են նշածողում:

Գծերի չափումը ժապավենով կատարելու համար անհրաժեշտ է չափիչ սարքը հաջորդաբար տեղադրել նշածողված գծի ուղղությամբ: Այդ աշխատանքը կատարվում է երկու չափողների կողմից հետեւյալ հաջորդականությամբ: Չափողներից մեկը (անվանենք նրան հետեւի) պահում է ժապավենի օղակը, իսկ մյուս չափողը՝ առջեւի, վերցնելով ձեռքի մեջ ժապավենի բռնակը եւ 10 հատ ցցիկ, շարժվում է հետեւի չափողի ցուցմունքով այնպես, որ բացվող ժապավենը գտնվի գծի համատեղվածքում (11-րդ ցցիկը մնում է հետեւի չափողի մոտ): Օգտվելով երկրորդ բռնակից՝ հետեւի չափողը մոտեցնում է ժապավենի սկիզբը A կետին եւ համատեղում է ակոսի դիմաց գտնվող գծիկը այդ կետի հետ (նկ.3.8ա): Դրանից հետո առջեւի չափողը թափահարում է ժապավենը, ձգում է այն եւ, հանելով օղակից 10 ցցիկներից մեկը, հագցնում է այն ժապավենի վերջում եղած ակոսի մեջ: Պահելով ձեռքը գծի համատեղվածքում՝ հետեւի չափողի ցուցմունքներով առջեւի չափողը խրում է ցցիկը հողի մեջ ուղղաձիգ վիճակում 1 կետում (նկ.3.8ա):

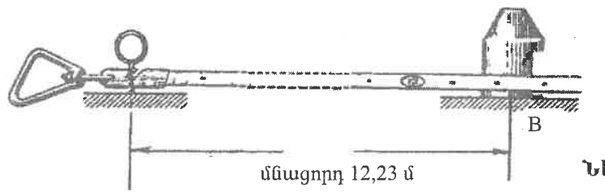


Նկ.3.8ա

Դրանից հետո երկու չափողներն էլ շարժվում են գծի ուղղությամբ ժապավենի երկարությամբ: Հետեւի չափողը հագցնում է ժապավենի ակոսը գետնի մեջ խրված ցցիկի վրա 1-ին կետում եւ ուղղություն է տալիս առջեւի չափողին, որպեսզի նա գտնվի գծահամատեղվածքում, այնուհետեւ գետնի մեջ խրվում է երկրորդ ցցիկը: Այսպիսով տեղադրվում է երկրորդ ժապավենը եւ գծի չափման գործընթացը շարունակվում է: Առջեւի չափողի կողմից օգտագործված ցցիկների քանակը ցույց կտա տեղադրված ժապավենների թիվը: Երբ առջեւի չափողի կողմից ծախսված կլինեն բոլոր 10 ցցիկները, այսինքն, ժապավենը տեղադրված կլինի 10 անգամ, 11-րդ անգամ ժապավենը տեղադրելուց հետո առջեւի չափողի մոտ այլեւս ցցիկ չի մնա: Այս պահին հետեւի չափողը փոխանցում է առջեւի չափողին բոլոր 10 ցցիկները, քողնելով ժապավենի ծայրը այն կետում, որտեղ գտնվում էր վերջին 11-րդ ցցիկը: Այսպիսով, 11 ցցիկներից մեկը մնում է խրված գետնի մեջ, իսկ մնացած 10-ը փոխանցվում են առջեւի չափողին:

Ցցիկների փոխանցումը նշվում է մատյանի մեջ, որից հետո չափման ընթացքը շարունակվում է: Գծի ծայրում վերջին ցցիկի եւ B կետի միջեւ չափում են գծի մնացորդը՝ r-ը: Դրա համար ժապավենը կցորդում են հետեւի կեռիկով վերջին ցցիկին, ձգում են այն B կետի կողքով եւ կարդումեն հաշվանքը այդ կետի դիմաց 1 սմ ճշտությամբ (նկ.3.8բ):

Դրանից հետո հաշվում են հետեւի չափողի մոտ եղած ցցիկների քանակը եւ ստուգման



Նկ.3.8բ

նպատակով հաշվում են նաեւ առջեւի աշխատողի ոտ եղած ցցիկների թիվը: Դրանց ընդհանուր քանակը պետք է հավասար լինի 11-ի:

Չափվող գծի D երկարությունը ստանում են հետեւյալ բանաձեւից՝

$$D=n\cdot \ell_0+r+\Delta D_p, \qquad (3.3)$$

որտեղ՝ ℓ_0-ը ժապավենի անվանական երկարությունն է (օրինակ, 20 մ),

n-ը տեղադրված ժապավենի թիվը, որը հավասար է հետեւի չափողի ձեռքում գտնվ
ցցիկների ընդհանուր քանակին՝ հաշվի առնելով նաեւ փոխանցումները,
r-ը մնացորդն է,
ΔD_p-ն համեմատման ուղղումն է:

Այդ ուղղումը գումարվում է գծի D երկարությանը, եթե բանվորական ժապավենի երկարությու
մեծ է անվանական ℓ_0 մեծությունից (20 մետրից) եւ հանվում է՝ հակառակ դեպքում: Այդ ուղղումը ա
տեսվում է, եթե դրա մեծությունը փոքր է ℓ_0-ի 1:10000 մասից, այսինքն, 0.002 մետրից, երբ ℓ_0=20մ:

Օրինակ: Ենթադրենք, գիծը 20 մետրանոց ժապավենով չափելիս ցցիկների փոխանցումների
քանակը եղել է հավասար երկուսի, այսինքն, հետեւի չափողը երկու անգամ փոխանցել է առջեւի չա
փողին տասական ցցիկ: Բացի դրանից հատվածի ծայրում հետեւի չափողի ձեռքում մնացել էր 7
ցցիկ, հետեւաբար, n′=27.8: Քանի որ ℓ_0=20 մ, եւ եթե r=15.56 մ, ուրեմն՝

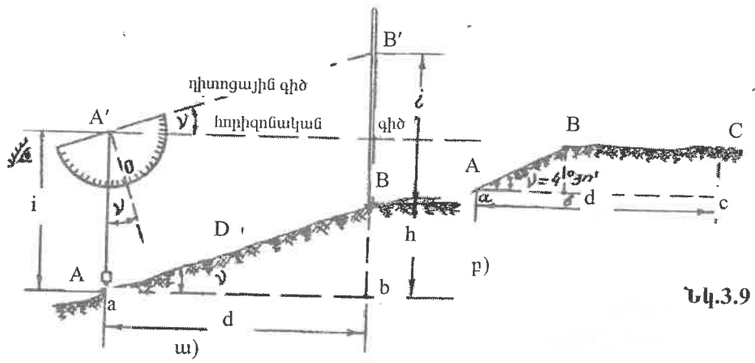
$$n' = \frac{540 + 15.56}{20} = \frac{555.56}{20} = 27.8$$

Համեմատման ուղղումը տվյալ ժապավենի համար $\Delta\ell_p$=+0.018 մ, ուրեմն
D=27·20+15.56+27.8·0.018=540+15.56+0.46=556.02 մ:

Դիտարկվող օրինակում ջերմաստիճանի ազդեցությունը անտեսվել է:

3.1.5. Թեք գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաների որոշումը

Ինչպես արդեն նշվել էր, տեղամասի հատակագիծը կամ տեղագրական քարտեզը ստանալու



Նկ.3.9

համար անհրաժեշտ է իմանալ տեղամասի վրա գտնվող գծերի հատվածների հորիզոնական պր յեկցիաները: AB հատվածի ab հորիզոնական պրոյեկցիան հաշվելու համար անհրաժեշտ է չափել AB ուղղության ν թեքության անկյունը: Եթե հայտնի է գծի թեքության ν անկյունը եւ AB հատվածի D երկարությունը, ապա հորիզոնական d պրոյեկցիան հավասար կլինի (նկ.3.9ա)՝

$$d = D\cdot\cos\nu \qquad (3.4)$$

Եթե հայտնի լինի որքանով է թեք գծի երկարությունը՝ D-ն, մեծ այդ գծի հորիզոնական d պրոյեկցիայից, այսինքն, ΔD_ν մեծությունը, ապա կարող ենք գրել, որ

$$d = D - \Delta D_\nu \qquad (3.5)$$

ΔD_ν մեծությունը անվանում են ուղղում հորիզոնի նկատմամբ գծի թեքության պատճառով, դա որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\Delta D_\nu = D - d = D - D\cos\nu = D(1 - \cos\nu) = 2D\cdot\sin^2\frac{\nu}{2} \qquad (3.6)$$

Եթե ν անկյունը չափելուց հետո պարզվի, որ դա փոքր է 1°-ից, ապա ուղղումը կարելի է անտեսել, եթե գիծը չափվել է 1:3000 եւ ավելի մեծ հարաբերական սխալով: Ճշգրիտ գծային չափումների դեպքում, օրինակ, ինվարային լարերով՝ ΔD_ν ուղղումը հաշվի են առնում նաեւ 1°-ից փոքր թեքության անկյունների դեպքում: Ըստ որում, եթե հայտնի է լինում AB հատվածի ծայրակետերի վերազանցումը՝ h-ը

որը ստացվել է երկրաչափական մակարդակաչափման միջոցով, ապա ΔD_ν մեծությունը կարելի է հաշվել հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\Delta D_\nu = \frac{h^2}{2D} + \frac{h^4}{8D^3}, \qquad (3.7)$$

որի մոտավոր արժեքը ստացվում է հետեւյալից (նկ.3.9ա)՝

$$h^2 = D^2 - d^2 = (D - d)(D + d)$$

Ընդունելով $D + d \approx 2D$՝ կունենանք՝

$$h^2 = \Delta D\cdot 2D \quad \text{եւ} \quad \Delta D = \frac{h^2}{2D} \qquad (3.7')$$

Եթե չափվող գիծը տարբեր հատվածներում ունի տարբեր թեքության ν անկյուն, ապա անհրաժեշտ է ամեն մի հատվածի համար որոշել ΔD_ν ուղղումը, գումարել դրանք միմյանց եւ գումարային ΔD մեծությունը հանել գծի ընդհանուր D երկարությունից: Կարելի է նաեւ ամեն մի հատվածի համար որոշել հորիզոնական պրոյեկցիան եւ գումարել միմյանց բոլոր հատվածների պրոյեկցիաները: Գծագրի վրա (նկ.3.9բ) AC գիծը բաղկացած է երկու հատվածից՝ AB եւ BC:

Դրա հորիզոնական պրոյեկցիան հավասար է՝

$$d = AB\cos\nu + BC,$$

կամ $d = AB + BC - \Delta D_\nu$, $\Delta D_\nu = 2AB\sin^2\frac{\nu}{2}$

Գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի վերջնական արժեքի որոշումը

Թեքություն ունեցող գծի չափված $D_{չափ}$ արժեքի մեջ անհրաժեշտ է բացի ΔD_ν ուղղումից ավելացնել նաեւ ΔD_t եւ ΔD_p ուղղումները, որոնք հաշվարկվում են (3.2) եւ (3.3) բանաձեւերով, ուստի կստանանք՝

$$d = D_{չափ} + \Delta D_p + \Delta D_t + \Delta D_\nu \qquad (3.8)$$

ΔD_p-ն եւ ΔD_t-ն կարող են լինել թե՛ դրական, եւ թե՛ բացասական նշաններով, ΔD_ν-ն միայն բացասական է:

Պողպատե ժապավենով գծի չափման ճշտությունը

Ժապավենով կամ չափերիզով գծերը չափվում են անխուսափելի սխալներով: Այդ սխալները առաջանում են հետեւյալ պատճառներից. գծի ոչ ճիշտ նշաձողելուց, չափիչ սարքի ձողված գծի հետ ոչ ճիշտ համատեղումից, ցցիկների սխալ ամրացման հետեւանքով, հողի մակերեւույթի անհարթության պատճառով, սարքի ձգման ընթացքում կիրառված ուժի ոչ հաստատուն լինելուց, մնացորդի չափման ընթացքում թույլ տրված հաշվանքի սխալից, ջերմաստիճանի ազդեցությունից եւ այլն:

Նշված գործոնների ազդեցությունը նվազեցնելու համար խորհուրդ է տրվում նախօրոք ազատվել գծի ուղղությամբ եղած խոչընդոտներից, թույլ չտալ որպեսզի ժապավենը տեղադրելիս դրա առջեւի ծայրը շեղվի գծահամատեղվածքից ավելի, քան 6-12 սմ-ով, ցցիկները խփել գետնի մեջ ուղղածիգ, անհրաժեշտ խորությամբ, որպեսզի ժապավենը ձգելու ընթացքում դրանք չխախտվեն իրենց տեղից եւ այլն:

Եթե գծի չափման հարաբերական սխալը մեծ է 1:2000-ից, կարելի է ժապավենը ձգել առանց ուժաչափի եւ հաշվի չառնել ջերմաստիճանի տատանումները: Նշված գործոնների գումարային ազդեցությունը ուղիղ համեմատական է գծի երկարությանը, ըստ որում նշված գործոնները առաջացնում են թե՛ պատահական, եւ թե՛ սիստեմատիկ սխալներ: Պատահական սխալներ են առաջանում *r* մնացորդի չափման ընթացքում. թույլ տրված հաշվանքի կարդալու սխալը, ջերմաստիճանի ազդեցությունից առաջացած սխալը, թեքության անկյան չափման ընթացքում թույլ տրված սխալը, ժապավենի տարբեր ուժերով ձգելու ժամանակ առաջացած սխալը: Սիստեմատիկ բնույթ են կրում հետեւյալ

սխալները. ժապավենի գծահամատեղումից շեղվելու սխալը, թե՛ ուղղածիգ, եւ թե՛ հորիզոնական հարթության մեջ, գծի թեքության անկյան հաշվի չառնելու սխալը (երբ ν<1°-ից):

Քանի որ գծի հատվածի D երկարությունը իրենից ներկայացնում է n թվով ℓ_0 երկարություն ունեցող ժապավենների գումար, ապա պատահական միջին քառակուսային սխալը՝ m_1-ը (ժապավենի մեկ տեղադրմանը համապատասխանող), կածի $\sqrt{n}$ անգամ, իսկ սիստեմատիկ սխալը՝ m_2-ը, կածի ուղիղ համեմատական ժապավենի տեղադրման թվին՝ n-ին (2.4): Գումարային սխալի քառակուսին հավասար կլինի՝

$$m_D^2 = m_1^2 \cdot n + m_2^2 \cdot n^2$$

Քանի որ $n = \frac{D}{\ell_0}$, ապա $m_D^2 = \frac{D}{\ell_0} m_1^2 + \frac{D^2}{\ell_0^2} m_2^2$

Նշանակենք $\frac{m_1}{\sqrt{\ell_0}} = \mu$ եւ $\frac{m_2}{\ell_0} = \lambda$, ուստի կունենանք՝

$$m_D^2 = \mu^2 D + \lambda^2 D^2 \qquad m_D = \sqrt{\mu^2 D + \lambda^2 D^2} \qquad (3.9)$$

μ–ն կոչվում է պատահական սխալների ազդեցության գործակից: Պողպատե ժապավենների համար μ–ն տատանվում է 0.004–0.006:

λ–ն կոչվում է սիստեմատիկ սխալների ազդեցության գործակից: Դա 20–30 անգամ փոքր է μ–ից:

Երբ մեծանում է չափվող գծի երկարությունը, ինչպես արդեն նշվել էր, աճում են գումարային սխալները, սակայն հարաբերական սխալը նվազում է, որովհետեւ տեղի է ունենում պատահական սխալների կոմպենսացում n անգամ ժապավենը տեղադրելու ընթացքում: Այս հանգամանքը բացահայտ դիտվում է այն տվյալների հիման վրա, որոնք իրենցից ներկայացնում են տարբեր D երկարություն ունեցող գծերի չափումների (ուղիղ եւ հակադարձ ուղղությամբ) տարբերությունները:

20 մետրանոց ժապավենով գծերի չափման ճշտությունը մոտավորապես կարելի է գնահատել սահմանային հարաբերական սխալով: Երկու արդյունքների հիման վրա՝ ուղիղ եւ հակադարձ չափումների տվյալներով՝ $D_{ուղ}$ եւ $D_{հակ}$, որոշում են բացարձակ սխալը՝

$$\Delta = \left|D_{ուղ} - D_{հակ}\right| = \left|D_1 - D_2\right|$$

Իսկ սահմանային հարաբերական սխալը հավասար է՝

$$\frac{\Delta}{D_{միջ}} \approx \frac{\left|D_1 - D_2\right|}{D},$$

որտեղ D-ն՝ գծի երկարությունն է կլորացված մինչեւ մետր:

Ժապավենով կամ չափերիզով գծային չափումների ժամանակ ընդունված է պայմանականորեն տեղանքը բաժանել երեք կատեգորիայի: Առաջին կատեգորիայի դեպքում պայմանները համարվում են նպաստավոր գծային չափումների համար, երբ տեղանքը բավական հարթ եւ ամուր է, օրինակ, ճանապարհի եզրով: Երկրորդ կատեգորիան համապատասխանում է միջին դժվարության պայմաններին, երրորդ կատեգորիան՝ ոչ նպաստավոր պայմաններին , երբ գծերը տեղավորված են բլուրների վրա, ավազոտ գրունտների վրա, ճահճոտ վայրերում կամ թփերի միջեւ:

Առաջին կատեգորիայի պայմաններում $\frac{\Delta}{D}$ հարաբերական սահմանային սխալը պետք է փոքր լինի $\frac{1}{3000}$-ից:

Երկրորդ կատեգորիայի համար՝ $\frac{1}{2000}$-ից:

Երրորդ կատեգորիայի համար՝ $\frac{1}{1000}$-ից:

Եթե չափման ընթացքում հարաբերական սխալները՝ $\frac{\left|D_{ուղ} - D_{հակ}\right|}{D}$, բավարարում են նշված պայմաններին, համարում են, որ գիծը չափվել է բավարար ճշտությամբ եւ չափման արդյունքը որոշում են որպես երկու արդյունքների միջին թվաբանականը:

Եթե նշված պայմանները չեն բավարարվում, ապա կրկնում են չափումները:

Օրինակ: Ենթադրենք՝ աշխատանքային ժապավենի երկարությունը հավասար է $\ell_p = \ell_0 + \Delta\ell_p = 20մ + 0.008մ$, t=20°C օդի ջերմաստիճանի դեպքում:

Առաջին չափման ժամանակ (ուղիղ) ABC երկարությունը (նկ.3.9ա) չափելիս ստացվել են հետեւյալ տվյալները՝ n=15, մնացորդը r=15.38 մ, այսինքն՝ $D_{ուղ} = \ell_0 \cdot n + r = 315.38$ մ: Երկրորդ չափման ժամանակ (հակադարձ) եղել է՝ n=15, r=15.48 մ: $D_{հակ}$=315.48 մ:

AB=100.00 մ հատվածի վրա գիծը ունեցել է թեքություն ν=4°30′: Ժապավենի ջերմաստիճանը չափումների ընթացքում եղել է t=-10°C: Չափումները կատարվել են երկրորդ կատեգորիայի պայմաններում:

1. Որոշում ենք ստացված հարաբերական սխալը եւ համեմատում ենք այն թույլատրելի սխալի հետ՝ $\Delta = \left|D_{ուղ} - D_{հակ}\right| = 0.10մ$՝

$$\frac{\Delta}{D} = \frac{0.1}{315} < \frac{1}{2000}$$

2. Որոշում ենք չափման արդյունքների միջին թվաբանականը՝

$$D_{միջ} = 315.43մ$$

3. Որոշում ենք ժապավենի տեղադրումների թիվը՝ $\frac{315.43}{20} = 15.75$ եւ հաշվարկում ենք $\Delta\ell_p$ ուղղումը՝ $\Delta\ell_p = 0.008 \cdot 15.8 = +0.126$ մ:

4. Որոշում ենք ուղղումը թեքության համար AB հատվածում, որտեղ D=100.00 մ, ν=4°30′

$$\Delta D_\nu = D\cos\nu - D = 100 \cdot 0.9969 - 100.00 = -0.308\,մ,$$

կամ $$\Delta D_\nu = -2D\sin^2\frac{\nu}{2} = -2 \cdot 100 \cdot 0.154 = -0.308\,մ$$

5. Որոշում ենք ուղղումը ջերմաստիճանի համար (3.2) բանաձեւով՝

$$\Delta D_t = \alpha \cdot D(t - t_o) = 1.25 \cdot 10^{-5} \cdot 315.43\left[-10° - \left(+20°\right)\right] = -0.118\ մ$$

6. Հաշվարկում ենք ABC գծի հորիզոնական պրոյեկցիան՝

D=315.43+0.126-0.308-0.118=315.13 մ:

Հաշվարկը կատարում ենք սանտիմետրի ճշտությամբ:

3.2. Գծերի թեքության անկյունների չափումը թեքաչափով (էկլիմետրով)

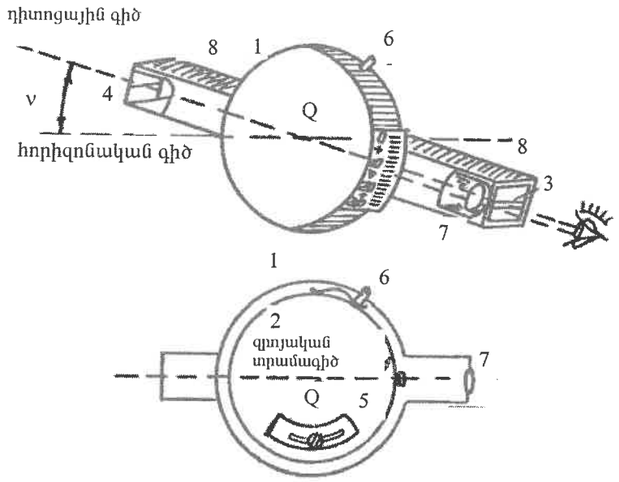
Տեղանքի գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաները d=D·cosν բանաձեւով հաշվարկելու համար անհրաժեշտ է բացի գծի D երկարությունից չափել նաեւ դրա թեքության ν անկյունը: Համեմատաբար փոքր ν անկյունների դեպքում դրանց չափման ճշտությունը կարող է լինել համեմատաբար ցածր: Որպեսզի գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի հաշվարկման հարաբերական սխալը լինի 1:2000-ից ոչ մեծ, թեքության անկյան չափման սխալը պետք է գտնվի 3.1 աղյուսակում բերված սահմաններում:

Փոքր թեքության անկյունները (մինչեւ 6°) կարելի է չափել ցածր ճշտության, հասարակ կառուցվածք ունեցող գործիքներով, որոնց անվանում են էկլիմետր կամ թեքաչափ: Որպես թեքաչափ կարելի է օգտագործել աստիճանների բաժանված կիսաշրջան, որի կենտրոնում ամրացված է ուղղալարի թելը (նկ.3.9ա): Թեքության ν անկյունը չափելու համար A կետում փայտի կամ թեթեւ կալանի վրա տեղակայում են թեքաչափը, որոշում են գործիքի i բարձրությունը չափերիզի օգնությամբ եւ կիսաշրջանի տրամագիծը աչքաչափով ուղղում են B կետում ուղղածիգ տեղակայված նշանողի B′ կետին: BB′ երկարությունը պետք է հավասար լինի գործիքի i բարձրությանը:

ν° թեքության անկյուն	Δν′ թույլատրելի սխալ	ν°	Δν′
2°	49	8°	12
3°	33	10°	10
4°	25	12°	8
5°	20	15°	7
6°	16	20°	5

Այնուհետեւ ուղղալարի թելիկով կարդում են հաշվանքը, որը հավասար կլինի թեքության անկյունը՝ ν-ին:

Առավել հարմար է ճոճանակային (Բրանդիսի) էկլիմետրը (նկ.3.10): Դա բաղկացած է հետեւյալ հիմնական մասերից. կլոր տուփից 1, որի ներսում առանցքի վրա պտտվում է ուղղածիգ շրջանը 2 եւ երկարուկ ուղղանկյունածեւ խողովակից 8, որի մի ծայրում պատի մեջ արված է նեղ ճեղք 3, իսկ մյուս ծայրում ամրացված է բարակ թելիկ 4: Դիտելու համար ծառայող այդ պարզ հարմարանքները անվանում են աչքի 3 եւ առարկայական 4 դիոպտրեր (նշանառուներ):



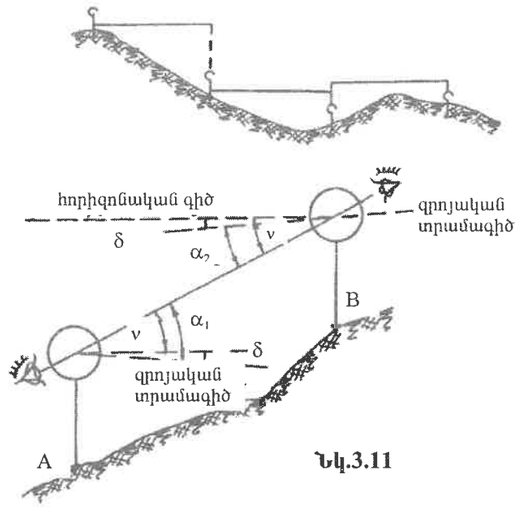
ա)

բ)

Նկ.3.10

Ուղղածիգ շրջանի (գլանի) մակերեւույթի վրա արված են աստիճանային բաժանքներ 0 գծիկից դեպի ներքեւ՝ պլյուս նշանով եւ դեպի վերեւ՝ մինուս նշանով: Շրջանի կենտրոնը՝ Q-ն, եւ 0 գծիկը միացնող զրոյական տրամագիծը թեքության անկյան չափման ընթացքում պետք է գտնվի անշարժ վիճակում հորիզոնական հարթության մեջ: Դրա համար շրջանի ներքեւի մասում ամրացված է ծանրոց 5 (նկ.3.10բ), որը կարելի է շարժել աջ կամ ձախ վերոհիշյալ պայմանը ստուգման ժամանակ ապահովելու համար:

Թեքության անկյան չափման ընթացքը կայանում է հետեւյալում: Դիտորդը պահում է գործիքը եւ կոճակը 6 սեղմելուց հետո ուղղում է թեքաչափի տուփը 8 դեպի նշածողը այնպես, որ աչքի եւ առարկայական դիոպտրերը միացնող ճառագայթը անցնի նշածողի վրա նշագրված B′ կետով (նկ.3.9ա): BB′ հեռավորությունը պետք է հավասար լինի գործիքի (դիտորդի աչքի) բարձրությանը՝ i: Միաժամանակ, նայելով խոշորացույցի 7 մեջ՝ դիտորդը կարդում է հաշվանքը աստիճանային շրջանակի վրա: Այդ հաշվանքը հավասար է A′B′ գծի թեքության անկյանը՝ ν-ին: Նկարագրված թեքաչափի օգնությամբ հնարավոր է չափել թեքության անկյունները (20′-30′) սխալներով, եթե գործիքը նախապես ստուգված եւ ուղղված է:



ա)

բ)

Նկ.3.11

Գծերի կարճ հատվածների հորիզոնական պրոյեկցիաները կարելի է չափել անմիջականորեն՝ ձգելով ժապավենը հորիզոնական վիճակում (աչքաչափով) եւ պրոյեկտելով դրա ծայրերը ուղղալարի օգնությամբ (նկ.3.11ա):

Թեքաչափի ապուգումը

Թեքաչափի դիտոցային երեւակայական գիծը, որը միացնում է աչքի եւ առարկայական դիոպտրերը, պետք է գտնվի հորիզոնական վիճակում այն դեպքում, երբ աստիճանային օղակի վրա կարդացած հաշվանքը հավասար է զրոյի:

Այդ պայմանի բավարարումը ստուգելու համար միեւնույն թեքության անկյունը՝ ν-ն, չափում են երկու անգամ, հատվածի տարբեր ծայրերից (նկ.3.11բ): Եթե պայմանը բավարարված է, կատարված հաշվանքների բացարձակ արժեքները պետք է հավասար լինեն թեքության անկյանը ν եւ ունենան տարբեր նշաններ:

Եթե զրոյական տրամագիծը QO հորիզոնական հարթության հետ կազմում է փոքր անկյուն δ, կնշանակի՝ պայմանը բավարարված չէ, եւ այդ դեպքում հաշվանքները α_1 եւ α_2 հավասար չեն լինի ν-ի:

Այս դեպքում կարելի է գրել երկու հավասարում՝ $\nu=\alpha_1-\delta$ եւ $\nu=\alpha_2+\delta$: Լուծելով այդ հավասարումները, կունենանք՝

$$\nu=\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}, \qquad (3.10)$$

$$\delta=\frac{\alpha_1-\alpha_2}{2} \qquad (3.11)$$

Այսպիսով, δ սխալի առկայության դեպքում կարելի է ստանալ անկյուն ν-ի ճիշտ մեծությունը, եթե դիտումները կատարվեն հատվածի ծայրերից:

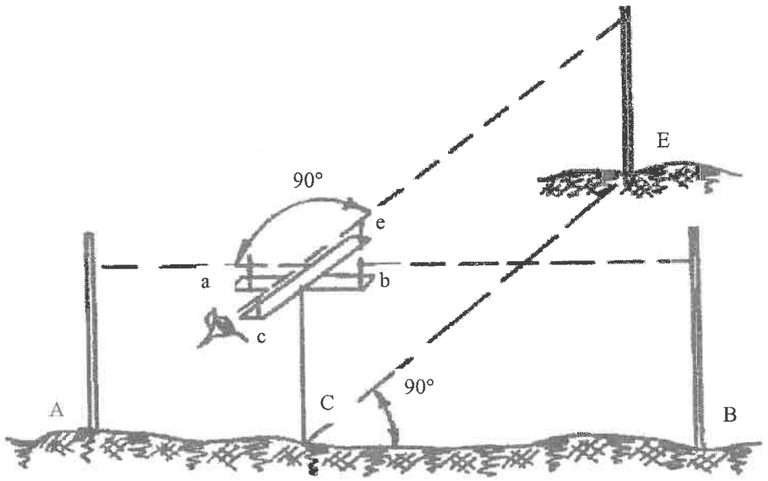
Լեռնային պայմաններում գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաները որոշելու համար թեքության անկյունները չափում են թեոդոլիտ գործիքի ուղղածիգ շրջանով (§ 3.5.9):

3.3. Էքերներ

Մանրամասնությունների հանույթը ուղղահայացների մեթոդով կատարելիս անհրաժեշտություն է առաջանում կառուցել տեղամասի վրա ուղիղ անկյուններ: Այդ նպատակով ստեղծված են պարզ,

սակայն ոչ բարձր ճշտություն ապահովող գործիքներ՝ էքերներ: Էքերների կառուցման սկզբունքը երևում է գծագրից (նկ.3.12):

Պատկերացնենք, որ երկու փայտե բարակ քանոնները միացված են այնպես, որ դրանց առանցքները կազմեն 90°-ի անկյուն: Եթե քանոնների ծայրերում առանցքների վրա ամրացնենք ուղղաձիգ ասեղներ, իսկ դրանց միացման տեղում՝ մի փայտե ձող, ապա կստանանք ամենապարզ էքերը: Ենթադրենք, պետք է AB գծի նկատմամբ C կետում կառուցել մի անկյուն, որի հորիզոնական պրոյեկցիան լինի 90°: A եւ B կետերում ուղղաձիգ վիճակում տեղակայում են նշաձողեր: C կետում նույնպես ուղղաձիգ, ամրացնում են էքերի ձողը այնպես, որ քանոնները մոտավորապես գտնվեն հորիզոնական հարթության մեջ: Պտտելով այն՝ ուղղում են a եւ b ասեղներով անցնող ուղղաձիգ հարթությունը A կամ B կետի նշաձողին:



Նկ.3.12

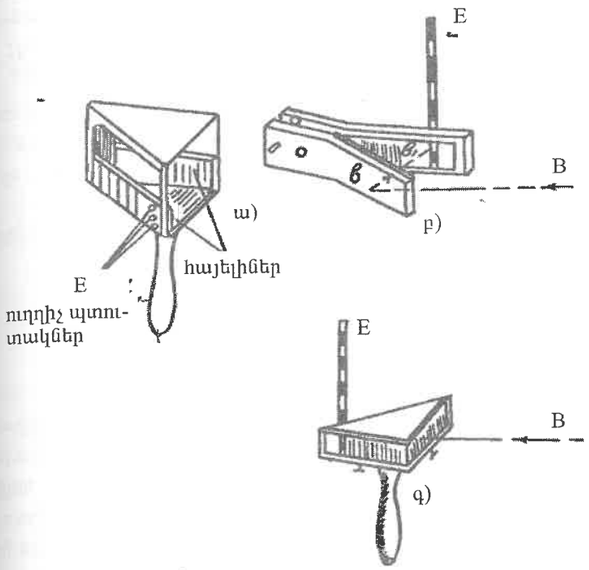
Այնուհետեւ c եւ e ասեղները միացնող դիտոցային գծի ուղղությամբ տեղակայում են ուղղահայացի վրա գտնվող E նշաձողը:

Երբ պետք է E կետից իջեցնել ուղղահայաց AB գծի վրա, էքերը տեղաշարժում են AB գծի համատեղվածքում այնպես, որ c եւ e ասեղներով անցնող դիտոցային գիծը հատվի E կետում տեղակայված նշաձողի հետ:

Ավելի կիրառական են փոքր չափեր ունեցող (գրպանի) օպտիկական էքերները, մասնավորապես, երկհայելու էքերը (նկ.3.13ա, բ):

Դա բաղկացած է երկու թիթեղներից, որոնք ամրացված են 45° անկյան տակ: Թիթեղների ներսի մակերեսների վրա ամրացված են երկու հարթ հայելիներ: Հայելիները կարող են ամրացվել տուփի մեջ, որն ունի պատուհաններ եւ բռնակ: Բռնակն ունի կեռիկ, որից կախվում է ուղղալարը:

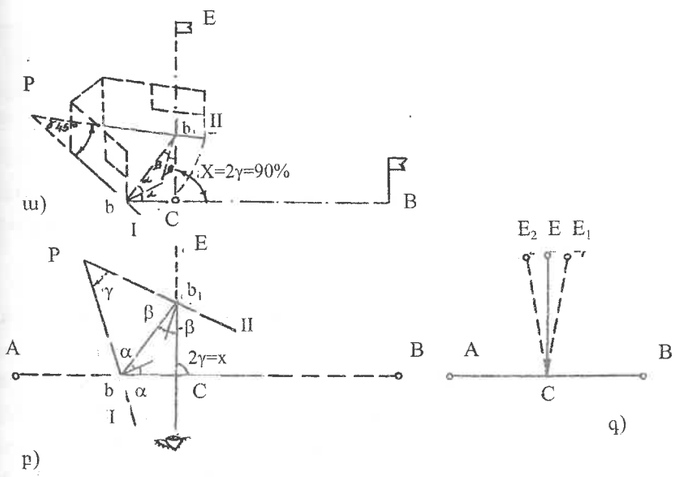
Որպեսզի AB գծի նկատմամբ C կետում կառուցեն ուղղահայաց, կանգնում են C կետում եւ, պահելով էքերը ձեռքի մեջ, նախ այն կենտրոնացդրում են ուղղալարի օգնությամբ, այնուհետեւ պտտում են այնպես, որ հայելիներից մեկը նայի դեպի B կետը, իսկ մյուսի մեջ երեւա այդ կետում տեղակայված նշաձողը:



Նկ.3.13

Գծագրի վրա (նկ.3.14) ցույց է տրված հորիզոնական պրոյեկցիայում հայելիների եւ կետերի դասավորությունը:

Ներկայացված դիտքում Bb ճառագայթը, անդրադառնալով b կետում առաջին հայելուց, կընկնի b_1 կետում երկրորդ հայելու վրա եւ, կրկին անդրադառնալով, ուղղված կլինի դեպի դիտորդի աչքը: Այսպիսով, դիտորդը կտեսնի երկրորդ հայելու մեջ B կետի նշաձողը: Նայելով հայելուց վերեւ գտնվող պատուհանի մեջ՝ դիտորդը ցուցմունք է տալիս օգնականին, որպեսզի նա այնպես տեղաշարժի E նշաձողը, որ դրա երեւացող մասը կազմի հայելու մեջ B նշաձողի պատկերի շարունակությունը: Ստացված EC ուղղությունը CB ուղղության նկատմամբ շեղված է X անկյունով:



Նկ.3.14

Գծագրից (նկ.3.14ա, բ) երեւում է, որ հայելիներով կազմված γ անկյունը հավասար է $\gamma=180°-(90°-\alpha)-(90°-\beta)=\alpha+\beta$, իսկ $x=2(\alpha+\beta)=2\gamma$, ուստի, եթե $\gamma=45°$, ապա $x=90°$:

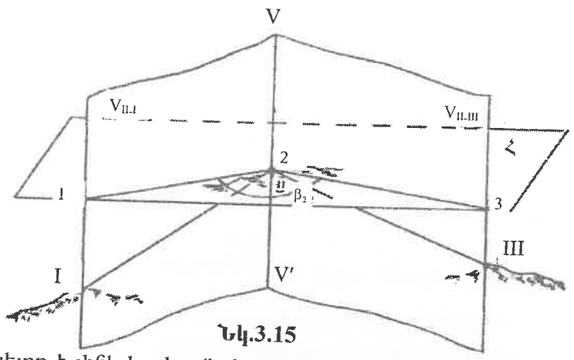
Երկհայելային էքերը ստուգելու համար կանգնում են AB գծի մեջտեղում՝ C կետում, եւ կանգնեցնում երկու ուղղահայացներ, մեկ անգամ դիտելով A կետը, երկրորդ անգամ՝ B կետը (նկ.3.14գ): Եթե արդյունքում ստացվի երկու ուղղահայացներ, որոնք հատվում են C կետում (CE_1 եւ CE_2), կնշանակի, որ γ անկյունը հավասար չէ 45°, եւ էքերը անհրաժեշտ է ուղղել հայելիների ուղղիչ պտուտակների օգնությամբ (նկ.3.13ա): Դրա համար E_1 եւ E_2 կետերի մեջտեղում նշանակում են E կետը եւ նշածողը տեղակայում են այդ կետում: Այնուհետեւ տեղաշարժում են հայելին այնպես, որ CE_1 եւ CE_2 ուղղահայացները համընկնեն միեւնույն ուղղության հետ:

Ուղիղ անկյուններ կառուցելու համար կիրառում են նաեւ պրիզմայաձեւ օպտիկական էքերներ (նկ.3.13գ):

3.4. Հորիզոնական անկյունների չափման սկզբունքը

Հատակագծեր եւ քարտեզներ ստեղծելու համար, ինչպես նշվել էր, անհրաժեշտ է չափել տեղամասի վրա գծերով կազմված անկյունների հորիզոնական պրոյեկցիաները: Հորիզոնական անկյունների չափումը եւ նշահարումը անհրաժեշտ է նաեւ տարբեր տեսակի ճարտարագիտական նախագծերը հատակագծերից իրականության մեջ տեղափոխելու համար: Այսպիսով, կարելի է ասել, որ հորիզոնական անկյունների չափումը գեոդեզիական աշխատանքների համար ունի կարեւոր նշանակություն:

Տեղամասի վրա հանույթային ցանցի (նկ.1.10ա) II–I եւ II–III կողմերով կազմված անկյան հորիզոնական պրոյեկցիան՝ β_2 անկյունը, չափելու համար անհրաժեշտ է ստեղծել տարածության մեջ երեք հարթություններ (նկ.3.15):



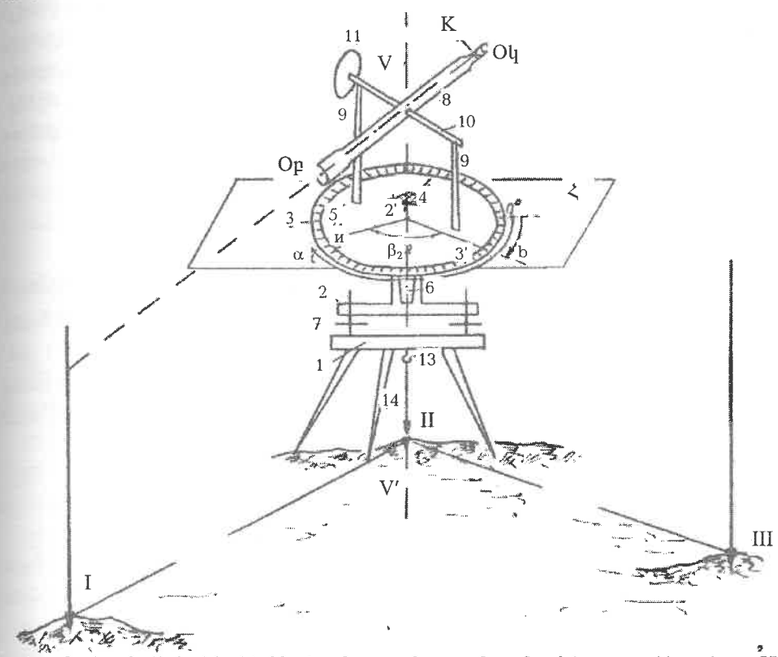
Նկ.3.15

Դրանցից մեկը պետք է լինի հորիզոնական վիճակում, դա Հ հարթությունն է, որը գծագրի վրա անցկացված է անկյան II գագաթով: Մյուս երկու հարթությունները պետք է լինեն ուղղածիգ եւ անցնեն չափվող անկյան կողմերով: Դրանք գծագրի վրա V_{II-I} եւ V_{II-III} հարթություններն են: V_{II-I} հարթությունը կհատվի Հ հարթության հետ 2–1 հորիզոնական գծով, իսկ V_{II-III} –ը՝ 2–3 գծով: Այսպիսով, 2–1 եւ 2–3 հորիզոնական գծերով կազմված β_2 անկյունը կլինի տեղամասի II–I եւ II–III ուղղություններով կազմված անկյան հորիզոնական պրոյեկցիան: Նկարագրված հորիզոնական եւ ուղղածիգ հարթությունները իրականացնելու եւ, հետեւապես, β_2 հորիզոնական անկյունը չափելու համար ծառայում է թեոդոլիտ կոչվող անկյունաչափական գործիքը:

Թեոդոլիտի սխեման ցույց է տրված գծագրի վրա (նկ.3.16):

Պատկերացնենք, որ չափվող անկյան գագաթում՝ II կետում, տեղակայված է դիտորդի համար հարմար բարձրության վրա կալանի 1 եւ պատվանդանի 2 օգնությամբ ապակուց պատրաստված մի շրջան: Շրջանը տեղակայված է այնպես, որ դրա կենտրոնը գտնվի II կետով անցնող ուղղածիգ գծի վրա, իսկ դրա հարթությունը համընկնի հորիզոնական հարթության հետ: Այդ շրջանը բաժանված է գծիկներով 0°-ից 360° եւ կոչվում է լիմբ (բաժնօղակ), կամ հորիզոնական շրջան: Լիմբի հարթությունը հորիզոնական վիճակի է բերվում գլանաձեւ հարթաչափի 4 օգնությամբ պատվանդանի բարձրացնող պտուտակների 7 միջոցով: Անկյան չափման ժամանակ լիմբը մնում է անշարժ: Դրա նկատմամբ

պտտվում է առանցքի 6 շուրջը երկրորդ շրջանը, որը կոչվում է ալիդադ: Ալիդադի պտտման առանցքը անվանում են գործիքի հիմնական առանցք: Աշխատանքային պայմաններում, երբ լիմբը բերված է



Նկ.3.16

հորիզոնական վիճակի, հիմնական առանցքը ընդունում է ուղղածիգ դիրք: Ալիդադի վրա ամրացված են գլանաձեւ հարթաչափը 4 եւ գեոդեզիական նշաններ դիտելու համար ծառայող դիտակի 8 հենարանները 9: Դիտակը կարող է պտտվել հենարանների նկատմամբ դրա առանցքի 10 շուրջը: Այդ առանցքը անվանում են գործիքի հորիզոնական առանցք: Դիտակը բաղկացած է օբյեկտիվից (0բ) եւ օկուլյարից (0կ): Աչքը մոտեցվում է օկուլյարին: Օկուլյարի մեջ երեւում են երկու միմյանց ուղղահայաց թելիկներ, որոնց հատման կետը՝ K-ն, անվանում են ցանցաթելերի հատման կետ, կամ ցանցաթելերի կենտրոն: Այն երեւակայական գիծը, որը միացնում է K կետը օբյեկտիվի կենտրոնի հետ (K-0բ), կոչվում է դիտոցային առանցք: Եթե դիտակը պտտենք իր հորիզոնական առանցքի շուրջը, K-0բ առանցքը կգծի, այսպես կոչված, կոլիմացիոն հարթություն: Այդ հարթությունը կփոխի իր դիրքը տարածության մեջ, երբ ալիդադը պտտվի ուղղածիգ VV′ առանցքի շուրջը:

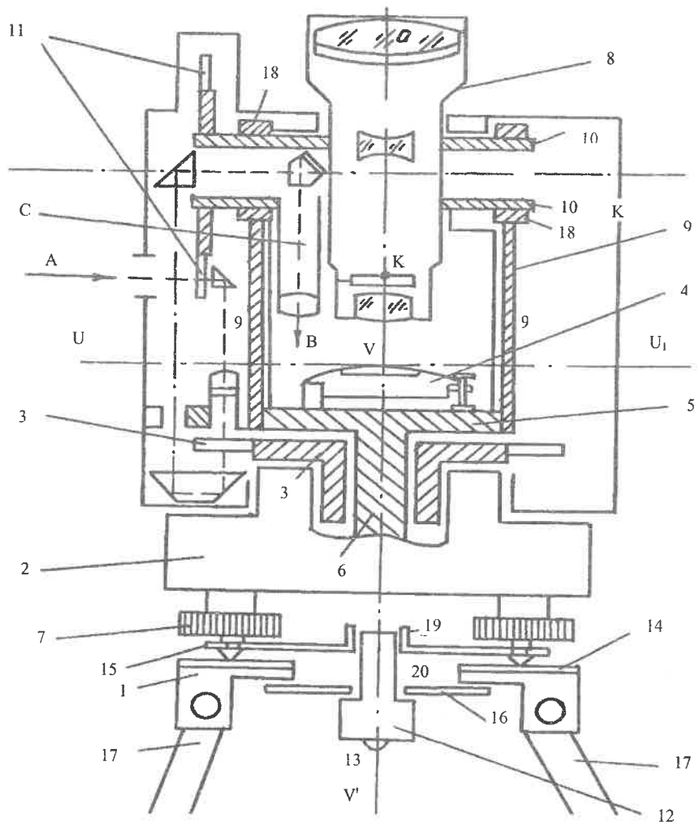
Եթե կոլիմացիոն հարթությունը նախօրոք բերված է ուղղածիգ վիճակի, ապա դրա օգնությամբ հնարավոր է իրականացնել անկյան չափման ժամանակ V_{II-I} եւ V_{II-III} հարթությունները (նկ.3.15): Դրա համար անհրաժեշտ է, պտտելով ալիդադը եւ դիտակը, ուղղել դիտոցային K-0բ առանցքը մեկ անգամ I գագաթում ուղղածիգ վիճակում ամրացված նշածողին (կիրականացվի V_{II-I} հարթությունը): Երկրորդ անգամ ուղղել III կետի նշածողին (կիրականացվի V_{II-III} հարթությունը): Նկարագրված գործողությունների ընթացքում ալիդադը լիմբի նկատմամբ կգրավի երկու դիրք: Մի դիրքից մյուսը անցնելիս դա պետք է պտտվի β_2 հորիզոնական անկյան չափով (նկ.3.16):

Մնում է ասել, որ ալիդադի դիրքը լիմբի աստիճանային բաժանքների նկատմամբ սեւեռելու համար դա օժտված է հատուկ գծիկով, որը անվանում են ինդեքս (Ի): Լիմբի վրա, դրա 0-գծիկի եւ ինդեքսի Ի դիմաց գտնվող գծիկի միջեւ եղած աղեղը անվանում են հաշվանք: Այսպիսով, β_2 անկյունը չափելու համար անհրաժեշտ է կարդալ երկու հաշվանք՝ առաջինը (a) դիտակը I կետին ուղղելուց հետո, իսկ երկրորդը (b)՝ դիտակը III կետին ուղղելուց հետո: Քանի որ լիմբի վրա բաժանքները աճում են 0°-ից ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ, ուրեմն $\beta_2=a-b$: Որպեսզի առաջին հաշվանքը միշտ մեծ լինի երկրորդից (թվաբանական գործողությունները հեշտացնելու համար), սկզբից դիտակը ուղղում են չափվող անկյան աջ կողմով, իսկ հետո՝ ձախ կողմով:

Գծագրի վրա ցույց է տրված եւս մի շրջան՝ 11, որը գտնվում է ուղղածիգ հարթության մեջ: Դա ծառայում է թեքության անկյունները չափելու համար: Կալանի վրա ցույց տրված կեռիկը 13 ծառայում է լիմբի կենտրոնը ուղղալարի միջոցով անկյան II գագաթի վրա կենտրոնադրելու համար: Բացի նշված մասերից թեոդոլիտները օժտված են լինում հաշվանք կարդալու հարմարանքներով: Նախկինում մետաղական լիմբեր ունեցող գործիքներում հաշվանքները կարդում էին վերնիերի (չափագործիքի օժանդակ սանդղակ) օգնությամբ (§ 3.5.3): Ժամանակակից օպտիկական թեոդոլիտները, որոնց լիմբերը պատրաստվում են ապակուց, ունեն սանդղակային մանրադիտակներ: Բացի դրանից, կենտրոնադրումը այդ գործիքներում կատարվում է օպտիկական կենտրոնադրիչների օգնությամբ:

Օպտիկական թեոդոլիտի սխեման

Գծագրի (նկ.3.17) վրա ցույց է տրված ժամանակակից օպտիկական թեոդոլիտի սխեման դիտակի այն դիրքում, երբ դրա դիտոցային առանցքը համընկնում է գործիքի հիմնական VV′ առանցքի հետ: Գծագրի վրա A սլաքով ցույց է տրված լույսի ճառագայթի ընթացքը, որը լուսավորում է լիմբի 3 աստիճանային բաժանքները եւ պրիզմաների ու ոսպնյակների օգնությամբ փոխանցում է դրանց պատկերը B մանրադիտակի մեջ: Թեոդոլիտի պատվանդանը 2 ամրացվում է կալանի գլխիկի 1 հետ հատուկ պտուտակի օգնությամբ, որը անվանում են դրվածքային պտուտակ 12:



Նկ. 3.17

1-կալանի գլխիկ; 2-թեոդոլիտի պատվանդան; 3-լիմբ; 4-գլանաձեւ հարթաչափ; 5-ալիդադ; 6-ալիդադի առանցք, 7-բարձրացնող պտուտակ, 8-դիտակ; 9-դիտակի պտտման առանցքի հենարաններ, 10-դիտակի պտտման առանցք, 11-ուղղածիգ շրջան, 12-դրվածքային պտուտակ, 13-կեռիկ, 14-հենարային թիթեղ, 15-զսպանակային թիթեղ, 16-շերտաձող, 17-կալանի ոտքեր, 18-դիտակի պտտման առանցքի առանցքակալներ, 19-տափօղակ, 20-կալանի գլխիկի անցք: U-U_1-գլանաձեւ հարթաչափի առանցք, VV'-գործիքի հիմնական առանցք:

Ինչպես կարելի է եզրակացնել թեոդոլիտի կառուցվածքի սխեմայից (նկ. 3.16, 3.17), դա բաղկացած է չորս հիմնական հանգույցներից. ա) պատվանդանից, բ) հորիզոնական շրջանից (լիմբից), գ) ալիդադից, որի վրա ամրացված են գլանաձեւ հարթաչափը եւ դիտակի հենարանները, դ) դիտակից իր հորիզոնական առանցքով եւ դրա հետ պտտվող ուղղածիգ շրջանով:

Որպես օժանդակ մաս թեոդոլիտին կցվում է բուսոլ (§ 1.11.5):

Թեոդոլիտի լիմբը, ալիդադը եւ դիտակը անհրաժեշտ դիրքում ֆիքսելու համար ծառայում են ամրացնող պտուտակները: Սահմանափակ ճշգրիտ շարժումների համար ծառայում են մանրաչափական պտուտակները:

Գծագրի վրա (նկ. 3.16, 3.17) համանման մասերը համարակալված են նույն թվերով:

3.5. Ժամանակակից օպտիկական թեոդոլիտի մասերի կառուցվածքը

Թեոդոլիտների ժամանակակից կոնստրուկցիաները բնորոշվում են հետեւյալ առանձնահատկություններով.

ա) ամփոփությամբ եւ փոքր կշռով;

բ) գործիքի հնարավոր չափով հերմետիկ կոնստրուկցիայով՝ դրա մասերը խոնավությունից, փոշուց եւ վնասվածքներից պաշտպանելու համար;

գ) ամրացնող եւ մանրաչափական պտուտակների, հարթաչափերի, հաշվանք կարդալու հարմարանքների ռացիոնալ դասավորությամբ՝ այնպես, որ դիտորդը կարողանա չափումների ընթացքում օգտվել այդ սարքերից առանց իր դիրքը գործիքի նկատմամբ փոխելու;

դ) գործիքի հուսալիությամբ;

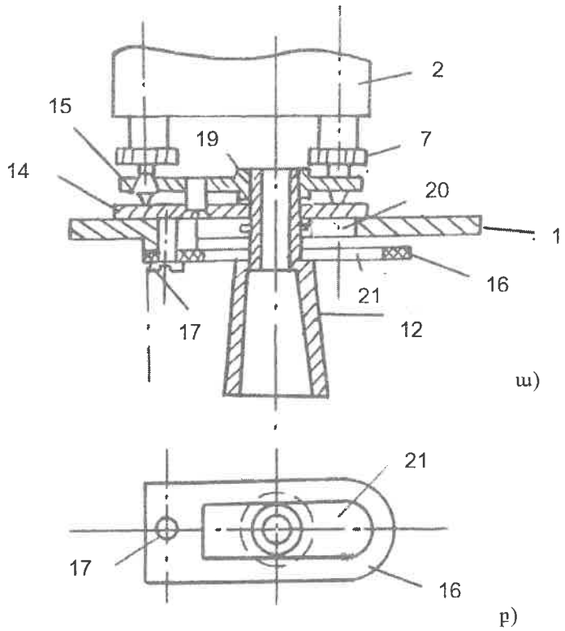
ե) դիտակի բարձր որակով;

զ) անհրաժեշտ ճշտությամբ, որը պահանջվում է տվյալ աշխատանքները կատարելու համար:

3.5.1. Պատվանդանը եւ դրա ամրացումը կալանի հետ

Գեոդեզիական գործիքների պատվանդանը բաղկացած է ծուլածո կորպուսից (պատյանից) 2, որի մեջ ամրացված է լիմբի առանցքի վռանը, հենարանային 14 եւ զսպանակային 15 թիթեղներից եւ երեք բարձրացնող պտուտակներից (նկ 3.18): Բարձրացնող պտուտակները իրենց կոնաձեւ ծայրերով նստած են հենարանային թիթեղի վրա եւ սեղմվում են դրա մակերեսին զսպանակային թիթեղի օգնությամբ, որի ծայրերը մտնում են պտուտակների ներքեւի մասում արված ակոսների մեջ: Հենարանային թիթեղը 14 դրվում է կալանի գլխիկի 1 վրա եւ ամրացվում է դրվածքային պտուտակով 12: Այդ պտուտակը իր ծայրի մասում արված պարույրակի օգնությամբ կապակցվում է զսպանակային թիթեղի 15 մեջտեղում ամրացված տափօղակի 19 հետ: Դրվածքային պտուտակը տափօղակի հետ կապակցելուց հետո պատվանդանը չի կարող անջատվի կալանից: Սակայն բարձրացնող պտուտակների ծայրերը կալանի վրա դրված հենարանային թիթեղին սեղմելու համար անհրաժեշտ է դրվածքային պտուտակը պտտել այնքան, մինչեւ դրա գլանաձեւ մասի վրա եղած լայնացումը հենվի շերտաձողի 16 ներքեւի հարթ մակերեսին եւ ձգի դրան դեպի կալանի գլխիկը (նկ.3.17, 3.18): Շերտաձողը ամրացվում է կալանի գլխիկի հետ պտուտակի 17 օգնությամբ (նկ.3.18) այնպես, որ դրա ազատ շարժվելու (պտտվելու) հնարավորություն ունենա դրվածքային պտուտակի 12 հետ միասին ակոսի 21 սահմաններում: Այս կոնստրուկցիայի շնորհիվ դրվածքային պտուտակը կարող է ազատ շարժվել 16 շերտաձողի հետ կալանի գլխիկի մեջ արված կլոր անցքի 20 ամբողջ մակերեսով, սակայն անջատվել չի կարող: Գործիքը կալանի գլխիկի վրա նույնպես կարելի է շարժել նշված անցքի 20 սահմաններում դրվածքային պտուտակի հետ միաժամանակ, եթե վերջինս լրիվ ձգված չէ: Դա արված է, որպեսզի կենտրոնադրման ընթացքում հնարավոր լինի գործիքի դիրքը փոխել ոչ միայն կալանի ոտքերի տեղաշարժելու օգնությամբ, այլ նաեւ ավելի նուրբ ձեւով՝ միայն գործիքը կալանի գլխիկի վրա շարժելու միջոցով: Դրվածքային պտուտակը արվում է սնամեջ, որպեսզի հնարավոր լինի օգտագործել օպտիկական կենտրոնադրիչը, որը ամրացված է լինում

թեոդոլիտի ալիդադի կամ պատվանդանի վրա: Բացի այդ, պտուտակի ներքեւի մասում լինում է հարմարանք՝ կեռիկ, թելային կենտրոնադրիչը (ուղղալարը) կախելու համար: Տեխնիկական (ոչ բարձր ճշտություն ունեցող) թեոդոլիտների պատվանդանի հենարանային թիթեղը պատրաստվում է այնպես, որ դա միաժամանակ ծառայի որպես հիմք թեոդոլիտի կափարիչի համար (նկ.3.57, T30 թեոդոլիտը):

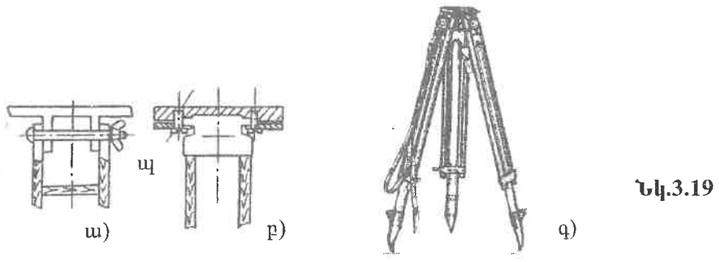


Նկ.3.18

Գործիքի հիմնական VV′ առանցքը բերվում է ուղղաձիգ դիրքի բարձրացնող պտուտակների 7 օգնությամբ, որոնք դասավորված են մեկը մյուսի նկատմամբ 120°-ի տակ: Այդ պտուտակները փակված են լինում այնպես, որ պաշտպանված լինեն փոշու եւ խոնավության ազդեցությունից: Դրանց կարգավորումը կատարվում է այնպես, որ պտույտը լինի սահուն, առանց մեծ ճիգի, սակայն թույլ չլինի: Կարգավորումը կատարում են ճեղք ունեցող պնդօղակների օգնությամբ, նախօրոք պտուտակը պտտելով մինչեւ ներքեւի դիրքը:

3.5.2 Կալանի կառուցվածքը

Կալանի գլխիկը, ինչպիս նաեւ դրա ոտքերը պատրաստվում են փայտից կամ թեթեւ մետաղներից: Փայտից պատրաստված կալանի ոտքերը բաղկացած են լինում երկու քառանկյունային կամ



Նկ.3.19

կլոր կտրվածք ունեցող ձողերից, որոնց արանքում մի քանի տեղ ամրացնում են փայտե կտորներ (նկ.3.19ա): Ոտքերի ներքեւում հագցված են մետաղյա ծանրոցներ, որոնց վրա գտնվող ելուստների միջոցով կալանի ոտքերը խրվում են գետնի մեջ (նկ.3.19գ): Կալանի տեղափոխումը հեշտացնելու նպատակով, ինչպես նաեւ զգալի թեքություն ունեցող լանգերի վրա կալանի տեղադրումը հեշտացնելու համար հաճախ դրանց ոտքերի երկարությունը անում են փոփոխական (նկ.3.19գ):

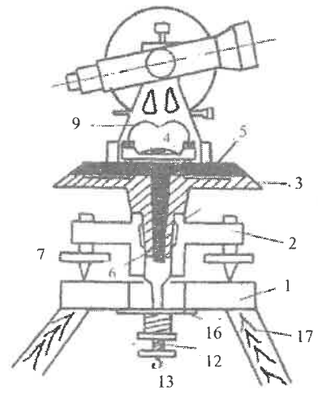
Կալանի գլխիկը դրա ոտքերի հետ ամրացնելու համար սովորաբար օգտագործում են երկու տիպի կոնստրուկցիաներ: Որպեսզի կալանի ոտքերը պտտվեն գլխիկի նկատմամբ դրան ուղղահայաց հարթության մեջ, գլխիկը միանում է ոտքի հետ հեղյուսի եւ պնդօղակի օգնությամբ: Նախապես պնդօղակը թուլացնում են եւ կալանի ոտքը պտտում անհրաժեշտ ուղղությամբ: Այս գործողությունը կատարում են, տեղակայելով կալանի գլխիկը անկյան գագաթի վրա այնպես, որ միաժամանակ բավարարվեն հետեւյալ երեք պայմանները.

1) գլխիկի բարձրությունը հարմար լինի դիտորդի համար,
2) դրա անցքի կենտրոնը գտնվի անկյան գագաթով անցնող ուղղածիգ գծին հնարավորին չափ մոտ,
3) գլխիկի հարթությունը մոտավորապես հորիզոնական լինի:

Կալանը տեղակայելուց եւ դրա ոտքերը գետնի մեջ խրելուց հետո պնդօղակները ճգվում են: Անհրաժեշտ է նշել, որ պնդօղակները չափից շատ ճգելու դեպքում կալանի գլխիկը, եթե դա պատրաստված է փայտից, կարող է ձեւափոխվի:

Գծագրի վրա (նկ.3.19բ,գ) ցույց է տրված թեթեւ մետաղից պատրաստված կալանի գլխիկի եւ ոտքերի ամրացման ձեւը: Տվյալ դեպքում բացակայում են նախորդ կոնստրուկցիայում օգտագործվող հեղյուսները եւ պնդօղակները: Այստեղ կալանի ոտքի եւ դրա գլխիկի միջեւ ազդում է շփման ուժը, որի մեծությունը կալանի գործածումից առաջ կարգավորվում է պտուտակի օգնությամբ (նկ.3.19բ):

Մետաղական լիմբ եւ ալիդադ ունեցող թեոդոլիտների պատվանդանները կալանի հետ միացվում էին ոչ թե թիթեղային, այլ գլանաձեւ զսպանակների օգնությամբ (նկ.3.20): Այսպիսի կառուցվածքն



Նկ.3.20

ունի այն թերությունը, որ պատվանդանի պտուտակները սեղմվում են կալանի գլխիկի ուղղությամբ ոչ թե իրենց ծայրի մասերով, այլ վերեւով, որտեղ արված է պարուրակ, ինչը եւ բերում է ժամանակից շուտ դրա մաշեցմանը:

Գծագրի վրա (նկ.3.17, 3.18, 3.20) արված մասերի համարակալումները համընկնում են միմյանց:

3.5.3. Թեոդոլիտի միջին մասը

Թեոդոլիտի միջին մասը բաղկացած է հորիզոնական շրջանից՝ լիմբից, եւ դրա հետ կապված մի շարք օժանդակ մասերից, որոնք ապահովում են լիմբի պտույտը գործիքի հիմնական առանցքի շուրջը: Հորիզոնական շրջանը առաջ պատրաստում էին արույրից կամ բրոնզից, իսկ ժամանակակից գործիքները ունեն ապակե լիմբ: Ապակուց պատրաստված շրջանները ունեն (3-5) մմ հաստություն եւ (8-10) սմ տրամագիծ, դրանք ամրացվում են լիմբի առանցքի վրա հագցրած կցաշուրթի վրա: Քանի որ

լիմբի վրա կատարվող բաժանքների սխալների ազդեցությունը կախված է լիմբի տրամագծից, բարձր ճշտության թեոդոլիտների լիմբերը ավելի մեծ տրամագծով են արվում:

Լիմբի բաժանքի գինը (երկու հարեւան գծիկների միջեւ աղեղի աստիճանային արժեքը) կախված է գործիքի ճշտությունից, լիմբի տրամագծից եւ հաշվանք կարդալու համար օգտագործվող սարքի տեսակից: Աստիճանային բաժանքներ ունեցող լիմբերի վրա դա հավասար է լինում 1°, 30′, 20′, 10′, 5′ եւ 4′: Սանդղակի գծիկները համարակալված են այնպես, որ հաշվանք կարդալիս բացառվեն վրիպումները (սովորաբար 1°-2°, կամ 5°-10° սահմաններում): Համարակալման ուղղությունը արվում է այնպես, որ գործիքի վերին մասը ժամացույցի սլաքի ուղղությամբ պտտելիս մանրադիտակի տեսադաշտի մեջ երեվացող բաժանքների համարակալումը աճի:

Լիմբի վրա գծիկները իրագործվում են 1.5″ ճշտությամբ:

Թեոդոլիտի ալիդադը եւ վերին մասերը

Ալիդադի վրա ամրացված են գլանաձեւ հարթաչափը եւ դիտակի հենարանները:

Դիտակի հենարանները ունեն առանցքակալներ, որոնց մեջ պտտվում է դիտակի հորիզոնական առանցքը: Այդ առանցքը ամրացված է դիտակի հետ այնպես, որ դա ուղղահայաց լինի դիտակի օպտիկական առանցքին, այսինքն, օբյեկտիվի եւ օկուլյարի օպտիկական կենտրոնները միացնող գծին: Բացի դիտակից առանցքի հետ ամրացված է նաեւ ուղղաձիգ շրջան: Ժամանակակից գործիքների մեջ հորիզոնական առանցքը սնամեջ է, դրա միջով անցնում են հաշվանք կարդալու համար ծառայող հարմարանքներից անդրադարձող ճառագայթները (նկ.3.17):

Գործիքի հորիզոնական առանցքը միշտ պետք է ուղղահայաց լինի գործիքի ուղղաձիգ առանցքին: Դա նշանակում է, որ անկյունները չափելիս թեոդոլիտի վերին մասի պտտման ընթացքում դիտակի առանցքը պետք է գտնվի հորիզոնական հարթության մեջ: Այս պայմանը բավարարելու համար առաջ դիտակի հենարաններից մեկը օժտված էր լինում ուղղիչ պտուտակներով, որոնց օգնությամբ հնարավոր էր փոփոխել հենարաններից մեկի բարձրությունը: Ժամանակակից թեոդոլիտների մեջ հենարանների կառուցվածքը ապահովում է դիտակի ոտքերի հավասարությունը, եւ մեծ մասամբ չեն նախատեսվում նշված ուղղիչ պտուտակները: Սակայն առանձին գործիքները այնուամենայնիվ օժտված են լինում ուղղիչ հարմարանքով, ինչպես, օրինակ, T5 թեոդոլիտը:

Դիտակի վրա ամրացվում է նշան բռնելու սարք (նշանոց), որը թույլ է տալիս արագացնել դիտողման պրոցեսը: Որոշ գործիքների դիտակը օժտված է լինում գլանաձեւ հարթաչափով, որի օգնությամբ հնարավոր է դառնում դիտոցային առանցքը բերել հորիզոնական դիրքի:

Ամրացնող եւ մանրաչափական պտուտակներ

Թեոդոլիտի դիտակը առարկային ուղղելու համար կամ հորիզոնական եւ ուղղաձիգ շրջանների վրա որոշակի հաշվանք ստանալու համար անհրաժեշտ է հնարավորություն ունենալ ժամանակավորապես ամրացնելու միմյանց գործիքի պտտվող մասերը: Բացի այդ, ամրացնելուց հետո անհրաժեշտ է ամրացված մասերին հաղորդել դանդաղ շարժումներ:

Լիմբի շրջանը պատվանդանի հետ ամրացնելու համար ծառայում է լիմբի ամրացնող պտուտակը, իսկ սահմանափակ տիրույթում դանդաղ շարժումներ հաղորդելու համար՝ դրա մանրաչափական պտուտակը: Մանրաչափական պտուտակը գործում է միայն ամրացնող պտուտակը պնդացնելուց հետո:

Այդ պտուտակներով օժտված են լինում, այսպես կոչված, կրկնողական կառուցվածքի թեոդոլիտները (T30, 2T30): Ժամանակակից օպտիկական թեոդոլիտների մի մասը (T15) նշված պտուտակները չունեն:

Ալիդադը լիմբի հետ ամրացվում է ալիդադի ամրացնող պտուտակով: Ամրացնելուց հետո ալիդադը կարող է դանդաղ պտտվի լիմբի նկատմամբ ալիդադի մանրաչափական պտուտակի միջոցով: Լիմբն ալիդադի հետ միասին կարելի է պտտել պատվանդանի նկատմամբ, թուլացնելով լիմբի ամրացնող պտուտակը (կրկնողական թեոդոլիտների դեպքում):

Գործիքի դիտակը նույնպես ունի ամրացնող պտուտակ, որի օգնությամբ դիտակը իր պտտման առանցքի հետ միասին ամրացվում է հենարանների հետ: Ուղղաձիգ հարթության մեջ դիտակին մանրաչափական շարժումներ հաղորդելու համար ծառայում է դիտակի մանրաչափական պտուտակը: Պտուտակների դասավորությունը տարբեր թեոդոլիտների վրա երեւում է նկարներից (նկ.3.57, 3.58):

Ժամանակակից թեոդոլիտների որոշ կառուցվածքներում ամրացնող եւ մանրաչափական պտուտակները տեղավորված են միեւնույն առանցքի վրա: Դա արվում է նրա համար, որպեսզի դիտորդը քիչ ժամանակ կորցնի ամրացնող պտուտակից մանրաչափականներին անցնելու ժամանակ:

Թեոդոլիտի մեխանիկական առանցքները

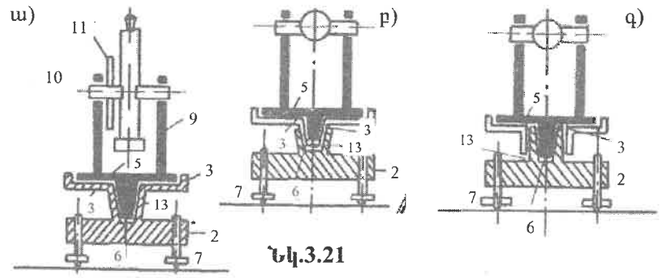
Մեխանիկական առանցքները գեոդեզիական գործիքների հիմնական հանգույցներն են: Գործիքի ճշտությունը, հուսալիությունը, երկարակեցությունը կախված են այդ հանգույցներից:

Գեոդեզիական գործիքների օպտիկամեխանիկական հանգույցների դիրքորոշումը միմյանց նկատմամբ պայմանավորված է մեխանիկական առանցքների համակարգով:

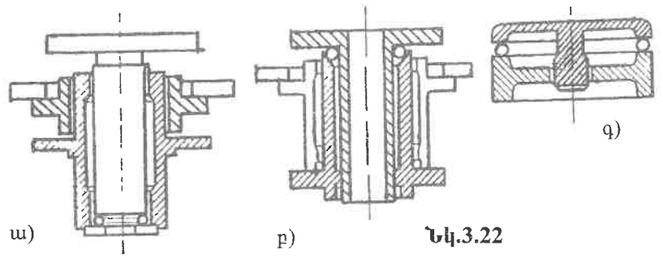
Նշված պատճառով դրանք պետք է պատրաստվեն այնպիսի նյութերից, որոնք կապահովեն դրանց ամրությունը, պտտման սահունությունը եւ հուսալի աշխատանք ջերմաստիճանային լայն տիրույթում՝ -40°-ից մինչեւ +40°:

3.5.3.1 Ուղղաձիգ առանցքների համակարգը

Ըստ իրենց ձեւի առանցքները լինում են կոնաձեւ (նկ.3.21) եւ գլանաձեւ (նկ.3.22), իսկ ըստ նպատակի՝ ուղղաձիգ կամ հորիզոնական:



Նկ.3.21



Նկ.3.22

Ցանկացած համակարգի հիմնական մասերն են՝ վռանը (լագեռը) եւ առանցքը (ցափֆան): Նախկինում գեոդեզիական գործիքների մեջ տարածված էր կոնաձեւ առանցքների համակարգը (նկ.3.21ա,բ,գ): Նման կառուցվածքի հիմնական թերությունը այն է, որ կոնական մակերեւույթի վրա ազդում են զգալի կողային ուժեր, բացի այդ, առանցքի դիրքը կախված է յուղի այն շերտի հաստությունից, որը գտնվում է դրա եւ վռանի արանքում: Նշված պատճառով ժամանակակից օպտիկական թեոդոլիտների առանցքները պատրաստվում են գլանաձեւ եւ օժտված են գնդիկավոր առանցքակալներով: Այդպիսի կառուցվածքներում տեղի ունի ավելի ճեռնտու գլորման շփում առանցքի եւ վռանի միջեւ: Նկ. 3.22-ում բերված են նման համակարգերի օրինակներ: Գլանաձեւ առանցքները ունեն որոշակի դրական հատկանիշներ՝ դրանք չեն պահանջում մանրազնին կարգավորում, հաճախակի յու-

ղում, այսինքն, կարող են շահագործվել բավական երկար ժամանակ առանց հատուկ ուշադրության: Բացի այդ, ավելի հեշտ է դրանց սերիական արտադրությունը:

Կախված ուղղածիգ առանցքների համակարգի կառուցվածքից՝ տարբերում են պարզ թեողոլիտներ, կրկնողական եւ վերակառուցվող լիմբերով թեողոլիտներ, որոնք կարող են կիրառվել տարբեր մեթոդներով հորիզոնական անկյուններ չափելու համար:

Պարզ եղանակով երկու ուղղություններով կազմված անկյան հորիզոնական պրոյեկցիան չափելու դեպքում դրա մեծությունը ստացվում է որպես երկու հաշվանքների տարբերություն (նկ. 3.16): Դիտարկվող դեպքում գործիքի լիմբը եւ դրա պատվանդանը կարող են ամրացված լինեն միմյանց, նման պարզ թեողոլիտները արտադրվում էին նախկինում (նկ.3.21ա):

Երբ անկյունը չափվում է կրկնումների եղանակով, անկյան մեծությունը մի քանի անգամ հաջորդաբար տեղադրվում է հորիզոնական շրջանի վրա: Դրա համար առանցքային համակարգը օժտված է լինում հատուկ կրկնողական սարքով, որը թույլ է տալիս հեշտությամբ ամրացնել լիմբը գործիքի ալիդադի հետ: Հնարավորություն է ստեղծվում պտտել ալիդադը ինչպես անշարժ լիմբի դեպքում, այնպես էլ լիմբի հետ միասին՝ անշարժ պատվանդանի նկատմամբ (նկ.3.21բ):

Վերակառուցվող լիմբեր ունեցող թեողոլիտները օժտված են լինում ժանանիվներով, որոնց օգնությամբ լիմբը հնարավոր է պտտել 0°-360° տիրույթում մնացած բոլոր մասերից անկախ (դրանց անշարժ վիճակում): Դա թույլ է տալիս չափել անկյունը լիմբի տարբեր մասերում նվագների եղանակով, սակայն կրկնումների եղանակի կիրառումը բացառվում է T5, T2, 2T2, T1 եւ ուրիշ ճշգրիտ թեողոլիտների համար:

Որպես կրկնողական համակարգի օրինակ ծառայում է Ռեյխենբախի սխեման: Այդպիսի սխեմայով (նկ.3.21բ) կառուցված թեողոլիտների լիմբի 3 սնամեջ առանցքը պտտվում է գործիքի պատվանդանի հետ ամրացված վռանի 13 մեջ, իսկ լիմբի առանցքի մեջ մտնում է ալիդադի առանցքը 6: Այսպիսով, ալիդադի եւ լիմբի առանցքները անջատված չեն մեկը մյուսից, ուստի ալիդադը պտտվելիս կարող է ազդել լիմբի վրա եւ տեղաշարժել այն թեկուզ չնչին չափով: Դա բացասաբար է ազդում անկյան չափման արդյունքների վրա:

Մի ուրիշ սխեմայում (նկ.3.21գ), որն անվանում են Բորդի համակարգ, գործիքի լիմբի 3 սնամեջ առանցքը հագցված է պատվանդանի սնամեջ վռանի 13 վրա, որի մեջ մտնում է ալիդադի պտտման առանցքը 6:

Այսպիսով, գործիքի վերին մասը չի շոշափում դրա միջին մասը (լիմբը): Այդ կառուցվածքը տարածված է ինչպես միջին ճշտության թեողոլիտներում (T5), այնպես էլ ճշգրիտ գործիքների կառուցվածքներում (T2):

Օգտագործվում են նաեւ ուրիշ, ավելի բարդ համակարգեր:

3.5.3.2 Հորիզոնական առանցքների համակարգեր

Հորիզոնական անկյունները չափելու ընթացքում թեողոլիտի դիտոցային առանցքը կարող է հորիզոնական հարթության հետ կազմի որոշ թեքության ν անկյուն: Այդ պատճառով, եթե դիտակի պտտման հորիզոնական առանցքը շեղված լինի ճիշտ դիրքից (հորիզոնական վիճակից) i անկյունով, ապա չափվող ուղղության (կարդացած հաշվանքի) մեջ կառաջանա Δ_i սխալը՝

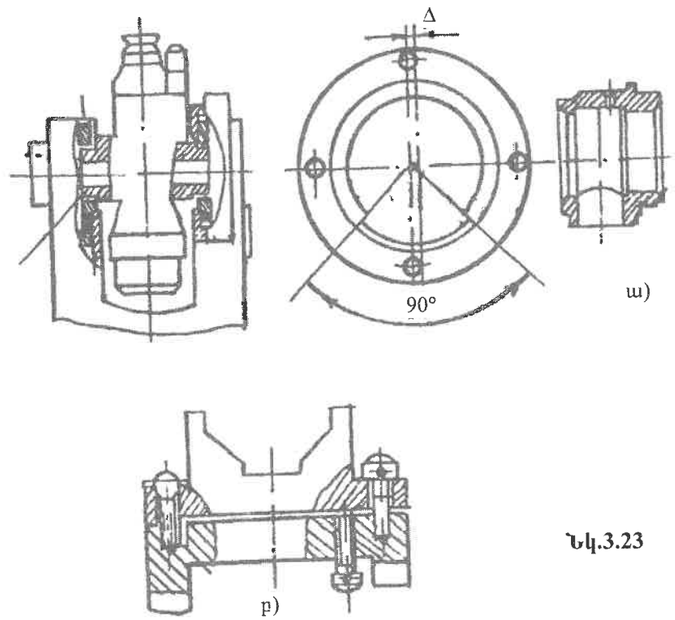
$$\Delta_i = i \cdot tg\nu, \qquad (3.12)$$

երբ $\nu = 45°$, $\Delta_i = i$

Ճշգրիտ չափումների դեպքում պահանջվում է, որպեսզի Δ_i-ն փոքր լինի (0.5-1.0)″-ից: Այս պահանջից բխում է հորիզոնական առանցքների մշակման ճշտությունը: Ժամանակակից սարքաշինությունը թույլ է տալիս մշակել առանցքների գլանները (0.001-0.002) մմ սխալով, որը բավարարում է վերոհիշյալ պահանջներին:

Հորիզոնական առանցքի համակարգը բաղկացած է երկու գլանաձեւ կիսառանցքներից, որոնց անվանում են ցափֆաներ (դարձյակներ) եւ դիտակի հենարանների վրա ամրացված երկու բնիկներից, որոնց անվանում են լագերներ: Ցափֆաները անշարժ ամրացված են դիտակի եւ ուղղածիգ շրջանի հետ եւ դրանց հետ միասին պտտվում են լագերների մեջ:

Լագերները կարող են պատրաստվել գլանի ձեւով (նկ.3.23ա) եւ V-աձեւ տեսքով (նկ.3.23բ):



Նկ.3.23

V-աձեւ լագերներ օգտագործելու դեպքում դիտակի հորիզոնական առանցքի դիրքի փոփոխումը կատարվում է ուղղիչ պտուտակների օգնությամբ: Սակայն, ինչպես ասվել է, մեծ մասամբ ժամանակակից գործիքների դիտակների լագեռները չեն ունենում ուղղիչ պտուտակներ:

3.5.3.3 Հաշվանք կարդալու հարմարանքներ

Հաշվանք կարդալու հարմարանքները ծառայում են լիմբի աղեղները գնահատելու համար: Որպես հաշվանք կարդալու հարմարանքներ օգտագործվում են վերնիերները, գծային եւ սանդղակային մանրադիտակները եւ օպտիկական մանրաչափերը:

Վերնիերներ

Վերնիերները կառուցվում են հետեւյալ կերպ: Վերցնում են լիմբի վրա ℓ գին ունեցող n բաժանքներից բաղկացած AB աղեղը, տեղափոխում են այն ալիդադի վրա եւ բաժանում n+1 մասի: Ստացված սանդղակը անվանում են վերնիեր (նկ.3.24): Ալիդադի վրա ստացված յուրաքանչյուր աղեղի անկյունային արժեքը նշանակում են ν տառով:

Վերնիերի ճշտությունը կոչվում է ℓ -ν տարբերությունը, որը նշանակում են t տառով՝

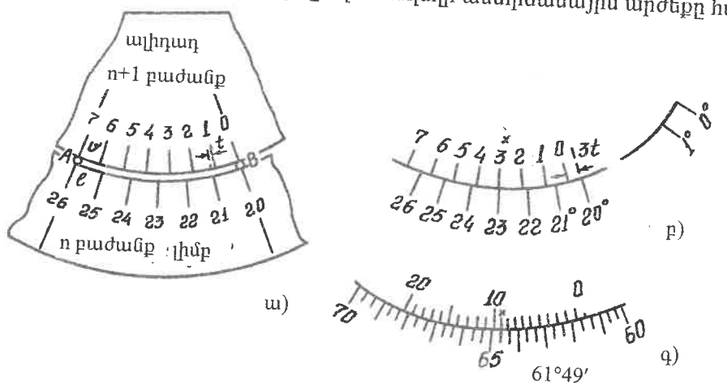
$$t = \ell - \nu$$

AB աղեղի մեծությունը լիմբի վրա հավասար է $\ell \cdot n$, նույն աղեղը ալիդադի վրա հավասար կլինի՝ ν(n+1): Ըստ կառուցման սկզբունքի՝ $l \cdot n = \nu(n+1)$, որտեղից՝

$$\nu = \frac{\ell \cdot n}{n+1} \quad \text{եւ} \quad t = \ell - \nu = \ell - \frac{\ell \cdot n}{n+1} = \frac{\ell}{n+1} \qquad (3.13)$$

Այսպիսով, վերնիերի ճշտությունը հավասար է լիմբի բաժանքի գինը բաժանած ալիդադի բաժանքների թվի վրա: Որպես ինդեքս հաշվանք կատարելու համար ծառայում է ալիդադի վերնիերի զրոն:

Լիմբի վրա վերնիերի օգնությամբ հաշվանքը կատարում են հետեւյալ կերպ (նկ.3.24բ): Ենթադրենք, վերնիերի զրո ինդեքսը անցել է 20°-ից դեպի հաջորդ՝ 21°-ը, այնքան, որ վերնիերի երրորդ գծիկը համընկել է լիմբի որեւէ գծիկի հետ, օրինակ, 23°-ի: Լիմբի վրա հաշվանքը, այսինքն, լիմբի զրոյից մինչեւ վերնիերի զրո ինդեքսը եղած աղեղի աստիճանային արժեքը հավասար կլինի՝ a = 20°+3t:



Նկ.3.24

Ընդհանուր բանաձեւը a հաշվանքի համար կունենա հետեւյալ տեսքը՝ a = a°+ it, որտեղ a°-ն վերնիերի զրոյից աջ գտնվող ամենամոտ գծիկի աստիճանային արժեքն է, i – ն համընկած գծիկի համարն է վերնիերի զրոյից հաշված, t-ն վերնիերի ճշտությունն է:

Վերնիերի վրա գծիկների համարները աճում են լիմբի բաժանքների աճի նման՝ ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ: Նախկինում արտադրված մետաղական լիմբերով թեոդոլիտների վերնիերների ճշտությունը հավասար է 30″ (ТТ-5, ТТ-50, ТТ-30): Օրինակ՝ ТТ-5 թեոդոլիտի լիմբի բաժանքների գինը՝ ℓ = 10′, վերնիերի վրա բաժանքների թիվը՝ (n+1) = 20, վերնիերի ճշտությունը՝ t = ℓ :(n+1) = 30″:

Լիմբի վրա աստիճանները թվանշվում են յուրաքանչյուր 5°-ից հետո (նկ.3.24գ):

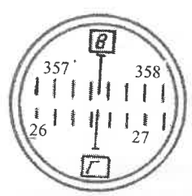
Վերնիերի վրա դրա գծիկների համարները, սկսած վերնիերի զրոյից, բազմապատկված են վերնիերի ճշտության վրա՝ 30″-ի, եւ արդյունքը գրված է յուրաքանչյուր 10 գծիկից հետո վերեւի մասում:

Ըստ նկարագրվածի, բերված օրինակի համար հաշվանքը հավասար է 61°49′:

Գծիկային մանրադիտակ

Т30 տեխնիկական օպտիկական թեոդոլիտի մանրադիտակի տեսողության դաշտի մեջ երեւացող պատկերը բերված է գծագրի վրա (նկ.3.25): Առանձին երեւում են հորիզոնական շրջանի Г (ներքեւում) եւ ուղղաձիգ շրջանի В (վերեւում) գծիկները: Աստիճաններին համապատասխանող գծիկները համարակալված են արաբական թվերով: Յուրաքանչյուր աստիճանը բաժանված է 6 մասի, բաժանքի գինը՝ ℓ =10′:

В 357°25′
Г 26°32′



Նկ.3.25

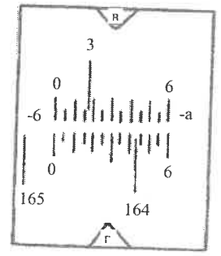
Տեսադաշտի մեջտեղում երեւում է ուղղաձիգ երկար գծիկ, որը կոչվում է ինդեքս եւ ծառայում է հաշվանք կարդալու համար: Գծագրի վրա հորիզոնական շրջանի հաշվանքը հավասար է Г=26°32′, իսկ ուղղաձիգ շրջանի վրա՝ В=357°25′: Րոպեները գնահատվում են աչքաչափով 0.5′ ճշտությամբ:

Սանդղակային մանրադիտակներ

Գծագրի (նկ.3.26) վրա ցույց է տրված 2Т30 թեոդոլիտի մանրադիտակի տեսողության դաշտը: Դրա վերին մասում գտնվում են ուղղաձիգ շրջանի աստիճանների գծիկները В տառի տակ, իսկ ներքեւի մասում՝ հորիզոնական լիմբի աստիճաններին համապատասխանող գծիկները Г տառի վերեւում:

Հաշվանքները կատարվում են սանդղակների վրա, որպես ինդեքս ծառայում են աստիճաններին համապատասխանող գծերը: Ուղղաձիգ շրջանի համար՝ 3°-ի տակ գտնվող գծիկը, իսկ հորիզոնական շրջանի համար՝ 164° վրայի գծիկը: Սանդղակի բաժանքի գինը 5′ է, հաշվանքը կլորացվում է բաժանքի 0.1 ճշտությամբ, այսինքն, մինչեւ 0.5′ (30″):

В 3°18′
Г 164°43′



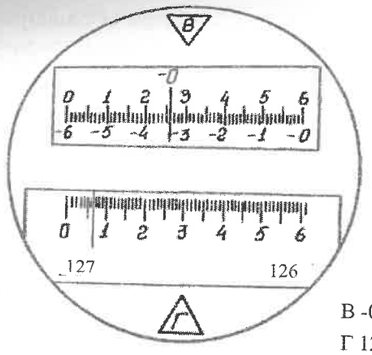
Նկ.3.26

Ուղղաձիգ շրջանի սանդղակը ունի երկշարք համարակալումներ: Ներքեւի շարքով հաշվանքը կարդում են, եթե աստիճանին համապատասխանող թվի դիմաց գրված է մինուս նշանը: Վերեւի շարքի թվերը համապատասխանում են ուղղաձիգ շրջանի վրա դրական թեքության անկյուններին: Հաշվանքը հորիզոնական շրջանի վրա հավասար է 164°43′: Սկզբից գրվում է աստիճանի արժեքը (164°), որից հետո՝ սանդղակի զրոյից մինչեւ ինդեքսը տեղավորված րոպեների քանակը (43′): 3′-ն գնահատվել է աչքաչափով: Ուղղաձիգ շրջանի վրա հաշվանքը հավասար է 3°18′: Սկզբից գրվում է աստիճանների արժեքը (պլյուս) 3°, դրանից հետո րոպեների քանակը՝ զրոյից հաշված մինչեւ ինդեքսը: Եթե գիծը ունենար բացասական թեքություն, աստիճանի արժեքի առաջ դրված կլիներ մինուս նշանը (-3°): Այս դեպքում 0 գծիկը կգտնվեր աջից:

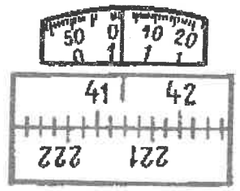
Գծագրի (նկ.3.27ա) վրա բերված է Т15, 2Т15, Т15К, 2Т5, 2Т5К օպտիկական թեոդոլիտների մանրադիտակների տեսողության դաշտում դիտարկվող սանդղակի տեսքը:

Անկյունաչափական շրջանակները բաժանված են ℓ =1° գին ունեցող բաժանքների, եւ յուրաքանչյուր գծիկի տակ գրված է 0-ից հաշված դրան համապատասխանող աղեղի աստիճանային արժեքը: Տեսադաշտի վերեւի եւ ներքեւի մասերում կան երկու սանդղակներ, որոնք բաղկացած են 60 բաժանքներից: Մեկ բաժանքի գինը հավասար է 1′, իսկ հաշվանք կարդալու ճշտությունը մոտ է 0.1′ (6″)- ի:

Հաշվանքը հորիզոնական շրջանի վրա հավասար է 127°06,5′, ուղղաձիգ շրջանի վրա՝ -0°34′: Կարդալ հաշվանք՝ նշանակում է որոշել տվյալ շրջանի 0°-ից մինչեւ սանդղակի 0°-ն եղած աղեղի աստիճանային արժեքը: Օրինակ՝ հորիզոնական շրջանի վրա սանդղակի 0-ն գտնվում է 127°-ին համապատասխանող գծիկից 06.5′-ով ձախ: Այդ թիվը կարդում են սանդղակի վրա աստիճանի գծիկի (ինդեքսի) օգնությամբ: Ուղղաձիգ շրջանի վրա սանդղակի մինուս զրոն գտնվում է 0°-ին համապատասխանող ինդեքսից 34′-ով աջ:



ա)



բ)

41°21′02,5″

В -0°34′

Г 127°06,5′

Նկ.3.27

Անհրաժեշտ է նշել, որ T15, 2T15, T5, 2T5 թեողոլիտների ուղղածիգ շրջանով հաշվանք կարդալուց առաջ պահանջվում է այդ շրջանի գլանաձեւ հարթաչափի բշտիկը բերել մեջտեղ: Այդ անհրաժեշտությունը վերացվում է T15K, T5K թեողոլիտներում, որոնք ունեն փոխհատուցիչներ:

Օպտիկական տեխնիկական թեողոլիտների մեջ, որոնք օժտված են գծիկային կամ սանդղակային մանրադիտակներով, հաշվանքը կարդում են լիմբի տրամագծի մեկ մասում: Այսպիսի դեպքերում հորիզոնական անկյան չափումը անպայման կատարում են երկու անգամ՝ մեկ անգամ ուղղածիգ շրջանը ձախ, մյուս անգամ՝ շրջանը աջ դիրքերում: Քանի որ նշված դեպքում հաշվանքները կարդում են լիմբի տրամագծորեն հակառակ մասերում, ապա ստացված արդյունքների միջինը ազատ կլինի ալիդադի արտակենտրոնության (էքսցենտրիսիտետի) սխալից, այսինքն, այն սխալից, որն առաջանում է հաշվանքի մեջ, երբ ալիդադի պտտման առանցքը շեղվում է լիմբի կենտրոնից:

Օպտիկական մանրաչափեր

Նկարագրված գծիկային եւ սանդղակային մանրադիտակները ունեն մի ընդհանուր թերություն դրանց տեսողության դաշտի մեջ երեւում է լիմբի միայն մի կողմը եւ չի երեւում դրա տրամագծորեն հակառակ մասը: Այդ հանգամանքը թույլ չի տալիս վերացնել լիմբի եւ ալիդադի կենտրոնների չհամընկնելու պատճառով առաջացող արտակենտրոնության սխալը հաշվանքի մեջ:

Բարձր ճշտության թեողոլիտները օժտված են օպտիկական մանրաչափերով: Դրանք պատրաստված են այնպես, որ մանրադիտակի տեսողության դաշտի մեջ երեւում են լիմբի երկու տրամագծորեն հակառակ դիրքերում դասավորված բաժանքները: Գծագրի վրա (նկ.3.27բ) երեւում են երկու սանդղակներ: Ներքեւի սանդղակը բաղկացած է երկու (վերեւի եւ ներքեւի) մասից: Յուրաքանչյուր սանդղակի վրա երեւում են աստիճանային բաժանքներին համապատասխանող գծիկները եւ 10′ գին ունեցող բաժանքները: Աստիճաններին համապատասխանող թվերը գրված են միմյանց հակառակ ուղղությամբ:Հաշվանք կատարելու համար պտտում են մանրաչափի թմբուկը այնքան, մինչեւ լիմբի տրամագծորեն հակառակ դասավորված գծիկները համընկնեն միմյանց հետ (կազմեն միմյանց շարունակությունը): Այնուհետեւ գրանցում են ուղիղ գրված թվերից փոքրը, հաշվում են այդ թվի եւ դրանից 180°-ով տարբերվող թվի միջեւ 10′-ոց բաժանքների քանակը, կիսում են այն եւ ստանում են հաշվանքի մեջ պարունակվող 10′-ոց բաժանքների թիվը: Վերջապես, նայելով երկրորդ, ավելի վերեւ դասավորված թվատախտակին, գրանցում են րոպեները (0, 1……9) սանդղակի ներքեւում եւ վայրկյանները՝ սանդղակի վերեւում (0-59): Բերված օրինակում հաշվանքը հավասար է 41°21′02″:

Երկկողմանի մանրաչափ-մանրադիտակները թույլ են տալիս ավտոմատիկորեն վերացնել ալիդադի արտակենտրոնությունը, որովհետեւ կարդացվող հաշվանքը իրենից ներկայացնում է լիմբի տրամագծորեն հակառակ դասավորված մասերում հաշվանքների միջին թվաբանականը:

Գծիկային եւ սանդղակային մանրադիտակները օգտագործելիս, նշված ազդեցությունը վերացնելու համար անհրաժեշտ է հաշվանքները կատարել թեողոլիտի ուղղածիգ շրջանի երկու դիրքում:

3.5.4. Հարթաչափեր

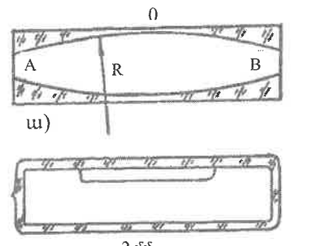
Գեոդեզիական գործիքների որոշակի առանցքներին եւ հարթություններին ուղղածիգ կամ հորիզոնական դիրք տալու համար ծառայում են գլանաձեւ կամ կլոր հարթաչափ կոչվող հարմարանքներ:

Հարթաչափերը հիմնված են կաթիլային հեղուկի հետեւյալ հատկության վրա: Եթե հեղուկը լցված է որեւէ անոթի մեջ, դրա աղատ մակերեսը հանդարտ վիճակում ընդունում է հորիզոնական դրություն:

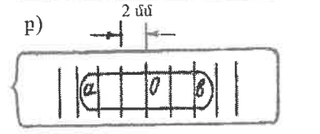
Գլանաձեւ հարթաչափ

Ծանոթանանք գլանաձեւ հարթաչափի կառուցվածքի հետ: Պատկերացնենք գլանի ձեւ ունեցող ապակե խողովակ՝ 10-12 մմ տրամագծով եւ 50-100 մմ երկարությամբ: Ենթադրենք, որ խողովակի ներսի մակերեւույթը հղկված է այնպես, որ այն ստացել է որոշակի կորություն ունեցող տակառի ձեւ: Կորության աստիճանը կախված է AB աղեղի R շառավղից (նկ.3.28ա), որի երկարությունը կարող է լինել մի քանի մետրից մինչեւ մի քանի տասնյակ մետր:

Փակենք այժմ խողովակի ծայրերից մեկը եւ մյուս ծայրից լցնենք ցածր մածուցիկություն ունեցող հեղուկ (եթեր կամ սպիրտ) եւ, մինչեւ 60°C տաքացնելուց հետո, փակենք նաեւ երկրորդ ծայրը (նկ.3.28բ,գ): Հեղուկը սառչելուց հետո կսեղմվի, եւ անոթի մեջ կառաջանա հեղուկի գոլորշիներով զբաղեցրած տարածություն, որը անվանում են բշտիկ: Այժմ մնում է ապակե անոթը ամրացնել երկարուկ տուփի մեջ գիպսի օգնությամբ եւ տեղադրել այն գործիքի վրա (նկ.3.29):

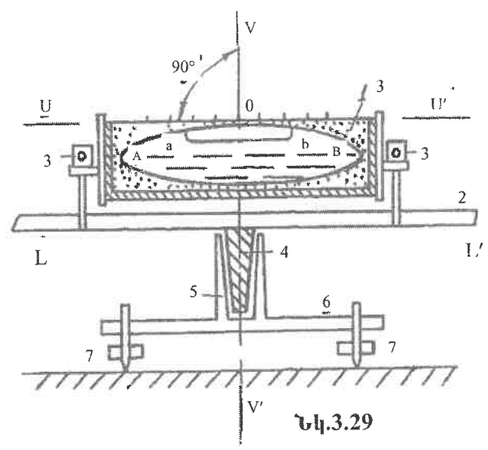


ա)

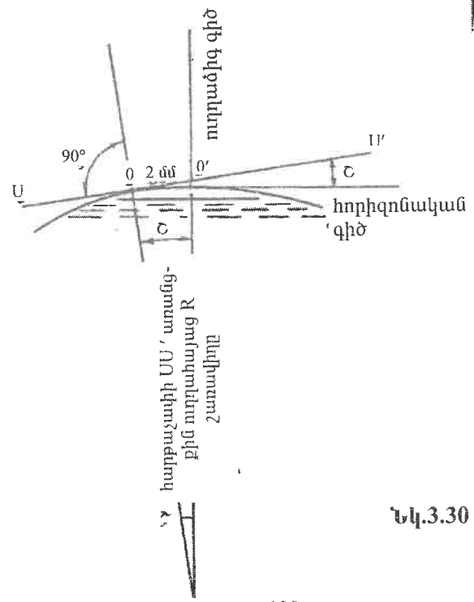


բ)

գ) **Նկ.3.28**



Նկ.3.29



Նկ.3.30

Հարթաչափի բշտիկը միշտ կգտնվի ամենաբարձր դիրքում, հեղուկի մակերեսը կլինի հորիզոնական վիճակում, իսկ բշտիկի ծայրերը կհատվեն աղեղի հետ a եւ b կետերում: Այդ կետերի դիրքը սեւեռելու համար անոթի դրսից արվում են լայնական գծիկներ՝ մեկը մյուսից 2 մմ հեռավորության վրա: Այն կենտրոնական անկյունը, որը համապատասխանում է յուրաքանչյուր երկու միլիմետրանոց աղեղին, անվանում են հարթաչափի բաժանքի գին՝ τ (նկ.3.30), այն հավասար է՝

$$\tau = \frac{2\text{մմ}}{\text{Rմմ}} \cdot \rho \quad (\rho = 206265'') : \qquad (3.14)$$

Գեոդեզիական գործիքներում օգտագործվող հարթաչափերի τ - ն լինում է 10″, 15″, 20″, 30″, 60″: Եթե L - L′ հարթությունը (նկ.3.29), որի վրա ամրացված է հարթաչափը, թեքենք τ անկյան չափով, ապա բշտիկի ծայրերը իրենց դիրքը կփոխեն մեկ բաժանքի չափով: Դժվար չէ եզրակացնել , որ ինչքան փոքր է τ - ն, այնքան զգայուն է հարթաչափը: Զգայունությունը հարթաչափի դիրքի նվազագույն փոփոխությունները հայտնաբերելու ընդունակությունն է: Այն կախված է ոչ միայն τ - ից, այլ նաեւ ապակյա անոթի հղկման աստիճանից:

Հարթաչափի բաժանքները զբաղեցնում են դրա անոթի միջին մասում որոշ հատված: Այդ հատվածի մեջտեղի կետը անվանում են զրո կետ: Հարթաչափի անոթի զրո կետում դրա AB աղեղին տարած շոշափողը՝ UU′-ը, անվանում են գլանաձեւ հարթաչափի առանցք: Գծագրից (նկ.3.29) երեւում է, որ այն դիրքում, երբ բշտիկի a եւ b ծայրերը հավասար են հեռացված զրո կետից (oa = ob), հարթաչափի ss′ առանցքը զուգահեռ է հեղուկի մակերեսին, որը գտնվում է հորիզոնական վիճակում: Այստեղից բխում են երկու հետեւություններ:

1) Հարթաչափի ss′ առանցքը հորիզոնական դարձնելու համար անհրաժեշտ է դրա բշտիկը բերել մեջտեղ այնպես, որ բշտիկի ծայրերը դասավորվեն համաչափականորեն զրո կետի նկատմամբ: Այդ համաչափությունը գնահատվում է անոթի վրա գտնվող գծիկներով:

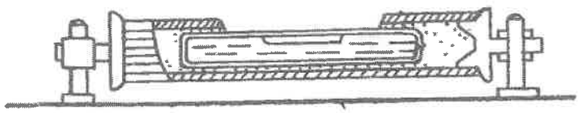
2) Որպեսզի այն L-L′ հարթությունը, որի վրա ամրացված է հարթաչափը, ընդունի հորիզոնական դիրք, երբ բշտիկը գտնվում է մեջտեղում, անհրաժեշտ է որպեսզի հարթաչափի ss′ առանցքը նախապես զուգահեռ լինի LL′ հարթությանը: Եթե այդ հարթությունը ուղղահայաց է գործիքի պտտման vv′ առանցքին, ապա vv′-ը կընդունի ուղղածիգ դիրք: Ուստի կարելի է ասել, որ vv′ առանցքը ուղղածիգ դարձնելու համար անհրաժեշտ է հարթաչափը նախապես ամրացնել այնպես, որ ss′-ը ուղղահայաց լինի vv′-ին: Այս դեպքում, բերելով բշտիկը մեջտեղ, vv′ առանցքը կդարձնենք ուղղածիգ:

Գծագրի (նկ.3.30) վրա ցույց է տրված այն դեպքը, երբ հարթաչափի ss′ առանցքը թեքվել է հորիզոնական հարթության նկատմամբ τ անկյան չափով: Դա նշանակում է, որ զրո կետը՝ 0-ն, շեղվել է բշտիկի մեջտեղից՝ 0′ կետից, մեկ բաժանքի չափով՝ 00′=2 մմ աղեղով: Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ, գնահատելով զրո կետի եւ բշտիկի մեջտեղի միջեւ եղած աղեղը, կարող ենք հարթաչափի օգնությամբ չափել մեծ ճշտությամբ փոքր մեծության անկյունները: Բշտիկի մեջտեղին համապատասխանող բաժանքը հավասար է դրա ծայրակետերով կարդացած հաշվանքների կիսագումարին:

Եթե բաժանքի գինը հավասար է τ, ապա աչքաչափով կարելի է գնահատել 00′ աղեղը 2 միլիմետրանոց բաժանքների օգնությամբ (0.1-0.2)τ″ ճշտությամբ: Նույն ճշտությամբ կարող ենք բերել հարթաչափի առանցքը հորիզոնական վիճակի:

Գլանաձեւ հարթաչափերը կարող են օգտագործվել երկու ձեւով՝ որպես ինքնուրույն սարք, կամ որպես մշտական տվյալ գործիքի հետ ամրացված սարք:

Որպես ինքնուրույն դրանք օգտագործվում են՝ 1) որոշակի հարթություններ հորիզոնական դրության բերելու համար (նկ.3.31), 2) որոշակի առանցքները հորիզոնական դարձնելու համար (նստեցվում է առանցքի վրա):



Նկ.3.31

Գործիքների հետ մշտականապես ամրացված հարթաչափերն են (նկ.3.29). ա) թեոդոլիտների, տախեոմետրերի, կիպրեգելների վրա դրվող հարթաչափերը, որոնք օգտագործվում են դրանց հիմնական առանցքները ուղղածիգ դիրքի բերելու եւ դիտակի պտտման առանցքը հորիզոնական դարձնելու համար; բ) ուղղածիգ շրջանների վրա դրվող հարթաչափերը, որոնք ծառայում են ալիդադի ինդեքսի դիրքը ուղղածիգ գծի նկատմամբ անփոփոխ պահելու համար; գ) պտտվող դիտակների հետ միացված հարթաչափերը, ծառայում են այդ դիտակները հորիզոնական դարձնելու համար; դ) մակարդակափերի վրա դրվող հարթաչափերը ծառայում են դրանց դիտոցային առանցքները հորիզոնական դիրքում պահելու համար:

Գլանաձեւ հարթաչափը դրված է անկյունաչափական գործիքի հորիզոնական շրջանի ալիդադի վրա: Դա ամրացված է այնպես, որ հնարավոր լինի որոշ չափով փոխել դրա ss′ առանցքի դիրքը պտտման vv′ առանցքի նկատմամբ (նկ.3.29): Այդ նպատակի համար ծառայում են պտուտակները 3, որոնց հակառակ ուղղությամբ պտտելու դեպքում հարթաչափի առանցքը փոխում է իր թեքությունը: Եթե ss′ առանցքը շեղվել է vv′ առանցքին ուղղահայաց դիրքից, ապա ուղղումը կատարում են պտուտակների 3 օգնությամբ(նկ.3.29):

Գործիքի բարձրացնող պտուտակները 7, որոնցից երկուսը ցույց են տրված գծագրի վրա, իսկ երրորդը գտվբում է ուղղահայաց ուղղությամբ, ծառայում են LL′ հարթությունը հորիզոնական, իսկ vv′ առանցքը ուղղածիգ դիրքի բերելու համար: Դա իրագործվում է հետեւյալ կերպ: Պտտելով 2 հարթությունը առանցքի 4 շուրջը, հարթաչափի ss′ առանցքը տեղակայում են պտուտակները 7 միացնող գծին զուգահեռ եւ, պտտելով դրանք հակառակ ուղղությամբ, հարթաչափի բշտիկը բերում են մեջտեղ: Այնուհետեւ պտտում են հարթությունը 2 90°-ով եւ երրորդ պտուտակի օգնությամբ նույնպես բշտիկի կենտրոնը համատեղում են զրո կետի հետ:

Եթե հարթաչափը ամրացված է քանոնի վրա (նկ.3.31) եւ դրա միջոցով որեւէ հարթություն պետք է դարձնել հորիզոնական, անհրաժեշտ է հարթաչափը իր քանոնի հետ տեղադրել հարթության վրա երկու անգամ փոխադարձ ուղղահայաց գծերի վրա եւ ամեն անգամ հարթաչափի բշտիկը բերել մեջտեղ (զրո կետը):

Հարթաչափի բշտիկի երկարությունը (ab) կախված է ջերմաստիճանից: Նպատակահարմար է, որպեսզի բշտիկի երկարությունը տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում մոտավորապես նույնը մնա: Այդ նպատակով ժամանակակից ճշգրիտ գործիքների հարթաչափերի ներսում դրա ծայրերից մեկի մոտ կառուցվում է հատուկ խցիկ: Հարթաչափը այս կամ այն կողմ թեքելով եւ թափահարելով, հեղուկը խցիկից հոսում է խողովակի մեջ կամ հակառակը: Դա հնարավորություն է տալիս տարբեր ջերմաստիճանի դեպքում կանոնավորել բշտիկի երկարությունը (նկ.3.32 ա,բ,):

Հարթաչափի ստուգումը եւ ուղղումը նկարագրված է §3.5.4.1-ում:

ա)



բ)



Նկ.3.32

Մյուս դեպքերում, երբ չի սահմանում բարձր գշռություն, օգտագործում են կիսո հարթաչափ։ Կոր հարթաչափը ասենք ա, որի ցանկացած երկու կետ կարող են միացվել հատվածով, որը ամբողջությամբ պատկանում է այդ հարթաչափին։ Ենթադրենք Ռ շառավիղով գնդի վրա ընտրված են A և B կետերը, որոնք չեն գտնվում միևնույն տրամագծի ծայրերում։ Ա և Բ կետերով անցնող մեծ շրջանագիծը գնդի հետ կազմում է 0,8 մ-ից ոչ պակաս, իսկ գնդի շառավիղը Ռ՝ 1 մ-ից ոչ պակաս, իսկ գնդաձեւ հոդիկը՝ 0,8 մ-ից ոչ պակաս։ Այդ հոդիկի վրա ընտրված են A և B կետերը։ Ա և Բ կետերով անցնող մեծ շրջանագիծը գնդի հետ կազմում է 4՝

քում անհրաժեշտ է պտտել ալիդադը յուր (ոչ ուղղածիգ) vv' առանցքի շուրջը 180°-ով: Ուղղիչ 1 եւ 2 պտուտակները կփոխեն իրենց դիրքերը (նկ.3.34դ): Հարթաչափի սս' առանցքի եւ ալիդադի միջեւ կազմված ν անկյունը չի փոփոխվի: Զրո կետը կիջնի ներքեւ, իսկ բշտիկի մեջտեղը կտեղափոխվի 0' կետը: Այդ 0' կետում տարած շոշափողը կգտնվի հորիզոնական հարթության մեջ, եւ դրա նկատմամբ սս' առանցքը թեքված կլինի 2ν անկյունով (եռանկյան դրսի անկյունը հավասար է դրա ներսի ոչ կից երկու անկյունների գումարին): Այդ 2ν անկյունը հավասար կլինի 2ν=n·τ, որտեղ n-ը 0 եւ 0' կետերի միջեւ հարթաչափի 2 միլիմետրանոց բաժանքների թիվն է, τ-ն՝ մեկ բաժանքի գինը, իսկ

$$\nu=\frac{n\cdot\tau}{2} \qquad (3.15)$$

Ուստի ուղղիչ 1 եւ 2 պտուտակները միմյանց հավասարեցնելու համար անհրաժեշտ է երկարացնել 2 պտուտակը (կամ կարճացնել 1-ինը) այնպես, որ բշտիկը վերադառնա դեպի զրո կետը $\frac{n}{2}$ չափով: Այդ գործողությունը կատարելուց հետո ավարտված կլինի հարթաչափի ստուգումը եւ ուղղումը, եւ դա կգտնվի այն դիրքում, որը ցույց է տրված նկ.3.34ե-ի վրա:

Քանի որ ալիդադի պտույտը 180°-ով սովորաբար կատարում են մոտավորապես, ապա նկարագրված ստուգումը եւ ուղղումը անհրաժեշտ է լինում կրկնել: Դա նշանակում է, որ նկ.3.34ե-ում բերված դիրքում անհրաժեշտ է I եւ II բարձրացնող պտուտակների օգնությամբ սս' առանցքը բերել հորիզոնական վիճակի, այսինքն, իրականացնել նկ.3.34ա-ի վրա բերված դրույթը: Մնում է մեկ անգամ եւս պտտել ալիդադը 180°-ով: Եթե հարթաչափի բշտիկը պտույտից հետո մնում է զրո կետում, դա նշանակում է, որ ուղղումը ավարտված է: Հակառակ դեպքում անհրաժեշտ է ուղղիչ պտուտակների օգնությամբ վերադարձնել բշտիկը դեպի զրո կետ դրա շեղման (n') կեսի չափով $\left(\frac{n'}{2}\right)$:

Որոշ դեպքերում, երբ ուղղիչ պտուտակների անհավասարությունը մեծ է լինում, ν անկյունը նույնպես ստացվում է մեծ, եւ ալիդադը, նկ.3.34գ-ում բերված դիրքում, 180°-ով պտտելուց հետո բշտիկը տեղափոխվում է հարթաչափի աճոթի ծայրը, եւ անհնար է լինում բաժանքների օգնությամբ ճիշտ գնահատել ν մեծությունը: Այսպիսի դեպքերում վարվում են հետեւյալ ձեւով:

Պտտելով բարձրացնող պտուտակներից մեկը կամ երկուսը միասին հակառակ ուղղությամբ՝ բերում են բշտիկը զրո կետ եւ միաժամանակ հաշվում են պտույտների թիվը՝ N-ը: Այնուհետեւ շարունակում են պտտումը հակառակ ուղղությամբ $\frac{N}{2}$ պտույտների քանակով, հեռացնելով բշտիկը զրո կետից: Դրանից հետո ուղղիչ պտուտակներով վերադարձնում են բշտիկը զրո կետ: Այս եղանակը արագացնում է հարթաչափի ստուգման եւ ուղղման գործողությունը:

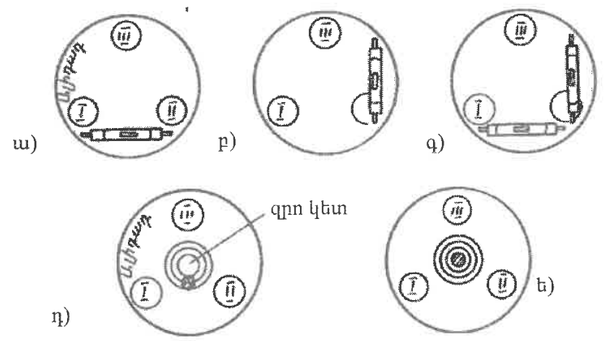
Եթե գործիքի ալիդադի վրա ամրացված են երկու հարթաչափեր, ապա դրանց ստուգումը եւ ուղղումը կարելի է իրագործել միաժամանակ: Այս դեպքում տեղավորում են հարթաչափերից մեկը երկու բարձրացնող պտուտակները միացնող գծին զուգահեռ, միաժամանակ երկրորդ հարթաչափը կտեղակայվի երրորդ պտուտակի ուղղությամբ, որը եւ կօգտագործվի դրա ստուգման ժամանակ:

Կլոր հարթաչափի ստուգումը եւ ուղղումը կատարում են նկարագրված ճանապարհով՝ գործելով սկզբից I, II պտուտակներով եւ հետո՝ երրորդ պտուտակով (նկ.3.35դ):

Ստուգված գլանաձեւ հարթաչափով ալիդադի հարթությունը հորիզոնական դրության, իսկ պտտման առանցքը ուղղածիգ դրության բերելու համար անհրաժեշտ է, ինչպես ասվել էր, պտտել ալիդադը vv' առանցքի շուրջը այնպես, որ հարթաչափը դասավորվի երկու բարձրացնող պտուտակները միացնող գծին զուգահեռ (նկ.3.35ա): Պտտելով I եւ II պտուտակները հակառակ ուղղությամբ՝ անհրաժեշտ է բշտիկը բերել մեջտեղ (զրո կետ): Այնուհետեւ պտտելով ալիդադը 90°-ով եւ հարթաչափը դասավորելով երրորդ պտուտակի ուղղությամբ, միայն դրա օգնությամբ կրկին բշտիկը անհրաժեշտ է բերել մեջտեղ (նկ.3.35բ): Նկարագրված գործողությունները կատարում են ամեն անգամ, հարթաչափի ստուգումը սկսելուց առաջ:

Գլանաձեւ հարթաչափ է ունենում նաեւ ուղղածիգ շրջանի ալիդադը: Դա օգտագործվում է հաշվանքը կարդալու համար ծառայող ինդեքսը միշտ միեւնույն դիրքում պահելու համար: Այն թեոդոլիտ-

ները, որոնց ուղղածիգ շրջանները օժտված են հատուկ փոխհատուցիչով, չունեն գլանաձեւ հարթաչափ, որովհետեւ դրանց ալիդադի ինդեքսը ինքն իրեն ընդունում է միեւնույն դիրքը, երբ հիմնական vv' առանցքը բերվում է ուղղածիգ վիճակի:

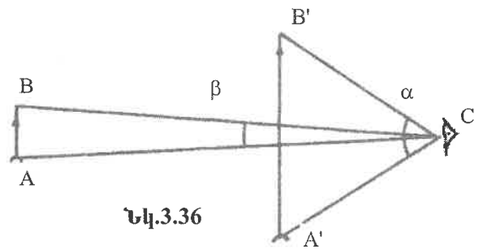


Նկ.3.35

3.5.5 Խոշորացույցներ, մանրադիտակներ, դիտակներ

Անզեն աչքով առարկաները դիտելիս, օրինակ, C կետից AB հատվածը դիտելիս, մարդու աչքը այդ հատվածի ծայրերը ընկալում է որպես անջատ կետեր այն բոլոր դեպքերում, երբ տեսողության ACB=β անկյունը մեծ է 60"-ից (նկ.3.36): Հակառակ դեպքում հատվածի ծայրակետերը միաձուլվում են մեկ կետում: Եթե անզեն աչքով դիտվող AB հատվածը աստիճանաբար հեռանա C կետից, ապա այն պահից հետո, երբ β անկյունը փոքրանալով մոտենա 60"-ի, անզեն աչքի համար այն կդառնա անտեսանելի: Պարզ է, որ դիտվող առարկան տեսանելի դարձնելու համար անհրաժեշտ է ինչ-որ սարքի օգնությամբ մեծացնել մի քանի անգամ կամ մի քանի տասնյակ անգամ տեսողության β անկյունը, այսինքն, դիտել առարկան նոր, ավելի մեծ α անկյան տակ: Այդ α անկյան հարաբերությունը β անկյանը անվանում են սարքի խոշորացում՝

$$V=\frac{\alpha}{\beta} \qquad (3.16)$$



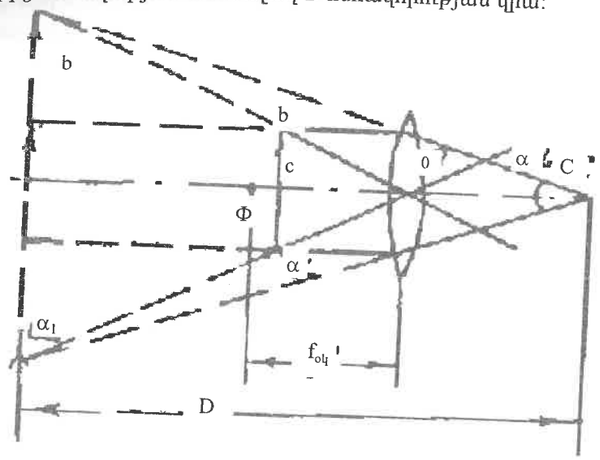
Նկ.3.36

Գեոդեզիական ճշգրիտ գործիքների մեջ, որպես օրենք, առարկաները չեն դիտվում անզեն աչքով: Այդ նպատակի համար ծառայում են խոշորացույցները, մանրադիտակները եւ հեռադիտակները:

3.5.5.1. Խոշորացույցներ եւ մանրադիտակներ

Խոշորացույցները լայն կիրառում ունեն վերնիներներով օժտված գործիքների մեջ: Այժմ դրանք նույնպես գործածվում են այն դեպքերում, երբ անհրաժեշտ է դիտել առանձին սանդղակներ կամ գծիկներ մոտիկ տարածության վրա:

Կարելի է ասել, որ խոշորացույցը ամենապարզ օպտիկական գործիքն է: Դա իրենից ներկայացնում է երկուռուցիկ ոսպնյակ, որը տեղակայում են այնպես, որ դիտվող առարկան՝ ab-ն, գտնվի ոսպնյակի ֆոկուսի Φ եւ կենտրոնի O միջեւ (նկ.3.37): Այս դեպքում առարկայի պատկերը՝ a_1b_1-ը, կգտնվի աչքից տեսողության ամենալավ D հեռավորության վրա:



Նկ.3.37

Խոշորացույցի խոշորացումը արտահայտվում է հետեւյալ մոտավոր բանաձեւով՝

$$V = \frac{\alpha}{\beta} \approx \frac{tg\alpha}{tg\beta} = \frac{D}{f_{ok}}, \qquad (3.17)$$

որտեղ D-ն ամենալավ տեսողության հեռավորությունն է, f_{ok}-ը ոսպնյակի ֆոկուսային հեռավորությունն է:

D մեծությունը մոտ է 25 սմ-ին: Ոսպնյակի ֆոկուսային հեռավորությունը՝ f-ը, լինում է 17-25 մմ: Ուստի խոշորացումը՝ v-ն՝ սովորաբար $(10\text{-}15)^X$ սահմաններից չի անցնում:

Խոշորացույցի ոսպնյակը ամրացվում է գլանաձեւ տուփի մեջ, եւ այդ տուփը տեղակայվում է սանդղակի նկատմամբ այնպես, որ հնարավոր լինի փոփոխել դրանց միջեւ եղած հեռավորությունը:

Կատարելագործված խոշորացույցը պատրաստում են երկու եւ ավելի ոսպնյակներից:

Այն դեպքերում, երբ պահանջվում է ավելի մեծ խոշորացում, խոշորացույցի փոխարեն սանդղակների վրա հաշվանք կարդալու համար օգտագործում են մանրադիտակներ:

Մանրադիտակները բաղկացած են երկու օպտիկական համակարգերից՝ օբյեկտիվից, որն ուղղվում է դեպի առարկան, եւ օկուլյարից: Առարկան տեղակայվում է օբյեկտիվի ֆոկուսային եւ կրկնակի ֆոկուսային հեռավորության միջեւ: Մանրադիտակի խոշորացումը հավասար է դրա օբյեկտիվի եւ օկուլյարի խոշորացումների արտադրյալին: Գեոդեզիական գործիքների մանրադիտակների խոշորացումը լինում է $(50\text{-}75)^X$ սահմաններում:

3.5.5.2 Դիտակներ

Գեոդեզիական գործիքների դիտակները ծառայում են տեղամասում գեոդեզիական նշանները դիտոցելու համար (նշաձողերը, դրոշմանիշերը, բուրգերը) եւ ճողաքանոնների սանդղակների վրա հաշվանք կարդալու համար:

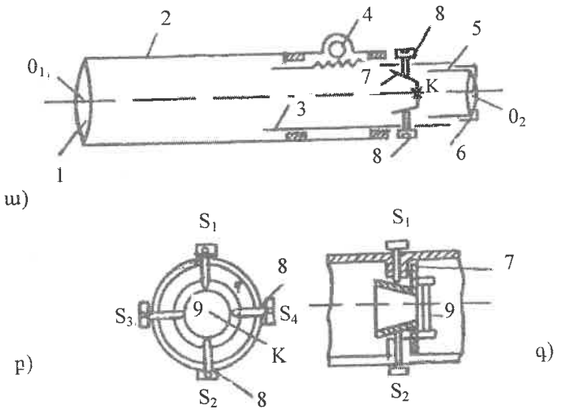
Նախկինում օգտագործում էին արտաքին ֆոկուսացումով աստղադիտակներ: Ժամանակակից գործիքներում լայն կիրառություն են գտել ներքին ֆոկուսացումով դիտակները:

Արտաքին ֆոկուսացումով դիտակներն ունեն ավելի պարզ կառուցվածք, ուստի դիտակի աշխատանքի սխեման ուսումնասիրենք այդ դիտակի օրինակի վրա (նկ.3.38):

Դիտակի հիմնական մասերն են՝ օբյեկտիվը, օկուլյարը եւ ցանցի թելերը: Դիտակի սխեմայից (նկ.3.38) երեւում է, որ դա բաղկացած է երեք, մեկը մյուսի մեջ հագցրած, գլանաձեւ խողովակներից:

Դրանցից ամենաերկարը՝ 2, որի մեջ տեղավորված է օբյեկտիվը 1, կոչվում է օբյեկտիվի ծունկ, մյուսը՝ 3, որի մեջ տեղավորվում է դիաֆրագման 7, թելերի ցանցի հետ միասին կոչվում է օկուլյարային կամ ցանցային ծունկ, իսկ երրորդը, որի մեջ տեղավորվում է օկուլյարը 6՝ օկուլյարային խողովակ 5:

Օկուլյարային ծնկի տեղաշարժումը օբյեկտիվայինի ներսում կատարվում է կրեմալիերի 4 օգնությամբ, իսկ օկուլյարային խողովակինը օկուլյարային ծնկի մեջ՝ ուղղակի ձեռքով պտտելով:

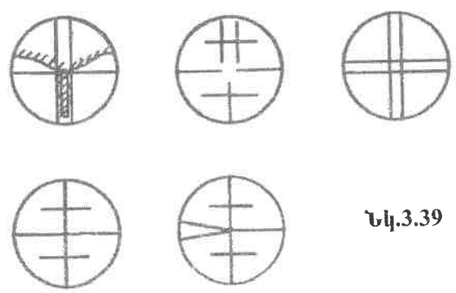


Նկ.3.38

Գծագրի վրա (նկ.3.38բ,գ) ցույց է տրված օկուլյարային ծնկի ընդլայնական կտրվածքը ըստ դիաֆրագմայի: Քանի որ դիաֆրագմայի արտաքին տրամագիծը փոքր է դիտակի ներքին տրամագծից, ապա դիաֆրագման դիտակի մեջ պահվում է պտուտակների 8 օգնությամբ: Հետեւապես, օգտվելով պտուտակներից 8՝ կարելի է դիաֆրագման շարժել վեր եւ վար, աջ եւ ձախ եւ դրանով իսկ կարգավորել ցանցի թելերի դիրքը օկուլյարային ծնկի մեջ:

Թելերի ցանցը փորագրված է բարակ ապակու թիթեղիկի 9 վրա, դա հնարավորություն է տալիս պատրաստել բազմազան ցանցեր, որոնցից մի քանիսը ցույց են տրված գծագրի վրա (նկ.3.39): Որոշ դեպքերում մեկ ուղղածիգ թելի (գծիկի) փոխարեն արվում են երկու զուգահեռ, միմյանց մոտիկ գծեր, որոնց մեջտեղով անցնող գծիկը կլինի դիաֆրագմայի երեւակայական տրամագիծը:

Բացի երկու գլխավոր խաչաձեւ թելերից, որոնց հատման կետը՝ K-ն (կամ ցանցի թելերի կենտրոնը) ծառայում է որպես դիտոց, կան նաեւ երկու հորիզոնական թելեր: Դրանք ծառայում են հեռավորությունների որոշման համար եւ կոչվում են հեռաչափական թելեր (§ 3.5.6):



Նկ.3.39

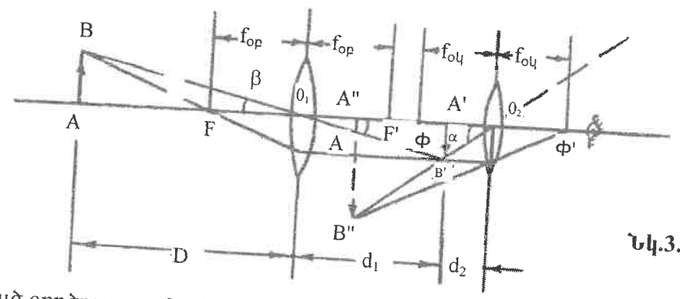
Այն երեւակայական գիծը, որը միացնում է ցանցի թելերի կենտրոնը (K կետը) օբյեկտիվի O_1 կենտրոնի հետ, կոչվում է դիտոցային առանցք: Դա ծառայում է դիտակը գեոդեզիական նշաններին ուղղելու համար: Դիտոցային առանցքի դիրքը պայմանավորված է դիաֆրագմայի 7 դիրքով, որը կարող է փոփոխվել թելերի ցանցի պտուտակների օգնությամբ: Թելերի ցանցի գծիկները անտեսանելի են անզեն աչքի համար: Դրանք դիտվում են օկուլյարի միջոցով, որը կատարում է խոշորացույցի դեր: Օկուլյարի հեռավորությունը ցանցի թելերից կարելի է փոխել, պտտելով խողովակը 5: Այդ հեռավորու-

թյունը տարբեր դիտորդներ ընտրում են ըստ իրենց աչքի այնպես, որ թելերի ցանցի պատկերը դասա-
վորվի աչքի նկատմամբ լավ տեսանելիության հեռավորության վրա:

Բացի դիտոցային առանցքից դիտակն ունի օպտիկական առանցք, որը օբյեկտիվի եւ օկուլյարի օպտիկական կենտրոնները O_1 եւ O_2 միացնող երեւակայական գիծն է: Երկրաչափական առանցքը օբյեկտիվի ծնկի առանցքն է: Նշված բոլոր առանցքները պետք է համընկնեն միմյանց հետ:

Ենթադրենք, դիտակի ցանցի թելերի հատման K կետը ուղղված է նշածողի AB հիմքին՝ A կետին: Քանի որ առարկան գտնվում է օբյեկտիվի O_1 կենտրոնից դրա կրկնակի ֆոկուսային հեռավորությունից ավելի հեռու, դրա իսկական, շրջված, փոքրացված պատկերը՝ A'B'-ը, կստացվի օբյեկտիվի կենտրոնից հաշված f_{op} եւ $2f_{op}$ հատվածների միջեւ, ոչ հեռու F' կետից՝ օբյեկտիվի ֆոկուսից (նկ.3.40):

Ստացված A'B' պատկերը օկուլյարի օգնությամբ դիտելու համար անհրաժեշտ է տեղաշարժել օկուլյարի ծունկը (գլանը) 3 օկուլյարի 6 եւ ցանցի թելերի 9 հետ միասին այնպես, որ A'B' պատկերը տեղակայվի օկուլյարի կենտրոնի՝ O_2-ի, եւ դրա ֆոկուսի՝ Φ կետի միջեւ: Այդ շարժումը իրականացվում է կրեմալիերի 4 (նկ.3.38) օգնությամբ այնպես, որ արդյունքում A'B' պատկերը երեւա պարզ, ինչպես երեւում է թելերի ցանցը, որը նախապես պարզեցվել էր օկուլյարային խողովակի 5 պտտման միջոցով: A'B' պատկերը օկուլյարի օգնությամբ կխոշորացվի եւ կդիտվի A"B" կեղծ պատկերի տեսքով:



Նկ.3.40

Նկարագրված գործողությունը՝ նշածողի պարզեցումը ֆոկուսացնող պտուտակի օգնությամբ անվանում են դիտակի ուղղումը ըստ առարկայի: Ցանցաթելերի պարզեցումը օկուլյարի խողովակի 5 պտույտի օգնությամբ անվանում են դիտակի ուղղում ըստ աչքի:

Եթե փոփոխվի առարկայի դիրքը օբյեկտիվի նկատմամբ, կփոխվի նաեւ շրջված A'B' պատկերի տեղը օպտիկական առանցքի վրա, դա այլեւս չի գտնվի ցանցի թելերի հարթության մեջ եւ կերեւա ցանցի թելերի հետ համեմատած ավելի խավար: Առարկայի տեսանելիությունը վերականգնելու համար անհրաժեշտ կլինի նորից կատարել դիտակի ուղղումը ըստ առարկայի, տեղաշարժել օկուլյարը ցանցի թելերի հետ միասին կրեմալիերի օգնությամբ այնպես, որ առարկայի շրջված պատկերը նորից համընկնի ցանցի թելերի պատկերի հետ:

Ինչ վերաբերում է "ուղղում ըստ աչքի" գործողությանը, ապա այն կատարվում է միայն աշխատանքի սկզբում մեկ անգամ:

3.5.5.3. Դիտակի խոշորացումը, տեսողության դաշտը

Խոշորացում

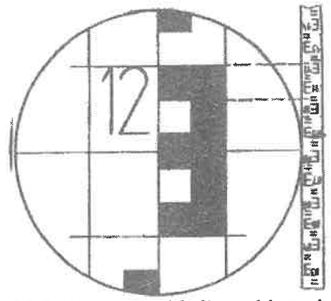
Դիտակի խոշորացում է կոչվում տեսողության երկու անկյունների հարաբերությունը, որոնցից առաջինի տակ երեւում է առարկայի պատկերը դիտակի մեջ, իսկ երկրորդի տակ՝ ինքը առարկան անզեն աչքով: Գծագրից երեւում է (նկ.3.40), որ խոշորացումը որոշ մոտավորությամբ կարելի է ներկայացնել հետեւյալ հարաբերությամբ՝

$$V = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{tg\alpha}{tg\beta} = \frac{A'B'}{A'O_2} : \frac{A'B'}{A'O_1}$$

Քանի որ դիտակով դիտվող առարկաները բավական հեռու են, ապա A', Φ , F' կետերը ստացվում են իրար շատ մոտիկ: Հետեւապես, աննշան սխալով կարող ենք ընդունել , որ $A'O_2=f_{ok}$, $A'O_1=f_{op}$՝

$$V = \frac{f_{op.}}{f_{ok.}} \qquad (3.18)$$

Այսպիսով, խոշորացումը հավասար է օբյեկտիվի եւ օկուլյարի ֆոկուսային հեռավորությունների հարաբերությանը: Դիտակի խոշորացումը կարելի է որոշել ձողաքանոնի օգնությամբ: Դրա համար



Նկ.3.41

ձողաքանոնը տեղակայում են դիտակից 10 մետր հեռավորության վրա եւ ֆոկուսացումով հասնում են ձողաքանոնի բաժանքների պարզորոշ պատկերացմանը, որից հետո նայում են ձողաքանոնին մի աչքով դիտակով, իսկ մյուսով՝ անմիջականորեն դիտակի կողքից: Դիտորդը միաժամանակ կտեսնի դիտակի մեջ խոշորացված ձողաքանոնի մեկ բաժանքին համապատասխանող չզինված աչքին երեւացող մի քանի մանր բաժանքներ, ըստ որում պետք է աչքերը հարմարեցնել այնպես, որ երկու պատկերները միաձուլվեն, ինչպես այդ ցույց է տրված գծագրի (նկ.3.41) վրա: Այդ դեպքում դիտակի խոշորացումը կորոշվի մեկ մեծ բաժանքի մեջ տեղավորված մանր բաժանքների թվով: Այսպես, ըստ գծագրի, մեկ բաժանքի վրա ընկնում են 17 մանր բաժանքներ, հետեւապես, տվյալ դեպքում $V=17^X$-ի: Սակայն այս ձեւը բավական ճիշտ արդյունքներ է տալիս միայն փոքր խոշորացում ունեցող դիտակների դեպքում: Գեոդեզիական գործիքների դիտակների խոշորացումը լինում է 17-ից մինչեւ 65-ը:

Տեսողության դաշտ

Գեոդեզիական նշանները դիտակի մեջ դիտելիս դիտողի աչքը ընդգրկում է տեսողության դաշտ կոչվող սահմանափակ տարածություն:

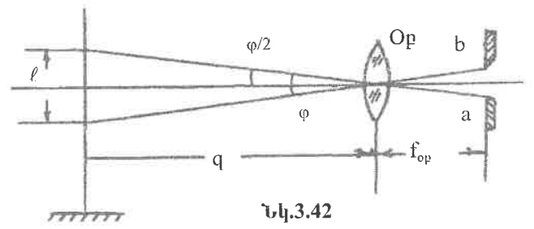
Տեսողության դաշտ է կոչվում այն կոնաձեւ տարածությունը, որն երեւում է դիտակի մեջ դրա անշարժ վիճակում: Տեսողության դաշտը գնահատվում է տեսողության φ անկյունով, որի գագաթը գտնվում է օբյեկտիվի օպտիկական կենտրոնում, իսկ կողմերը հենվում են ցանցի թելերի դիաֆրագմայի օղակի ab տրամագծի վրա (նկ.3.42): Տեսողության դաշտի մեծությունը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\varphi = \frac{38.2^\circ}{V}, \qquad (3.19)$$

որտեղ V-ն դիտակի խոշորացումն է:

Ինչպես բխում է (3.19) բանաձեւից, տեսողության դաշտը հակադարձ համեմատական է դիտակի խոշորացմանը:

Գեոդեզիական գործիքների տեսողության դաշտը լինում է 30"-ից մինչեւ 2°:



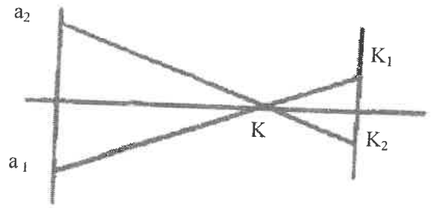
Նկ.3.42

Դիտակով դիտողման ճշտությունը

Անզեն աչքով առարկաների դիտողման ճշտությունը որոշվում է տեսողության անկյան նվազագույն արժեքով, որն ընդունվում է հավասար 60"-ի: Դիտակը հնարավորություն է տալիս մեծացնել (խոշորացնել) տեսողության անկյունը V անգամ: Հետեւաբար, դիտակի օգնությամբ առարկաների դիտողման ճշտությունը կգնահատվի $\frac{60''}{V}$ անկյունով (1"-3"):

Դիտակի պարալաքսը

Ինչպես նշվել էր, դիտակը օգտագործելու համար նախապես անհրաժեշտ է կատարել ուղղում ըստ աչքի: Այդ նպատակով դիտակն ուղղում են ցրված լույսին (երկինք, սպիտակ պատ) եւ օկուլյարային խողովակը տեղաշարժում են այնքան, մինչեւ որ ցանցի թելերը հստակ երեւան: Դիտակը ըստ աչքի ուղղելուց հետո դիտվող առարկայի շրջված պատկերը պետք է կրեմալիերի օգնությամբ համընկնի տեղվի թելերի հարթության հետ: Որեւէ, նույնիսկ աննշան, չափով չհամատեղվելը կրերի պարալաքս կոչվող երեւույթին: Ենթադրենք, առարկայի պատկերը՝ չի համընկել ցանցաթելերի հարթության՝ K կետի հետ (նկ.3.43):



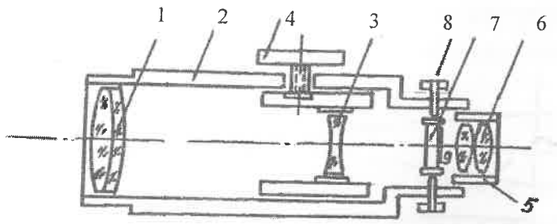
Նկ.3.43

Այդ երեւույթի դեպքում աչքը օկուլյարի առաջ K_1 կետից դեպի K_2 կետը տեղաշարժելիս, ցանցի թելերի հատման K կետի պատկերը կտեղափոխվի առարկայի պատկերի նկատմամբ a_1-ից a_2 կետը: Արդյունքում հնարավոր չի լինի ցանցի թելերի կենտրոնը՝ K-ն, ճիշտ ուղղել գեոդեզիական նշանին, օրինակ, ձողաքանոնին:

Պարալաքսը վերացնելու համար անհրաժեշտ է աննշան չափով կրեմալիերի օգնությամբ ճշտել ֆոկուսացումը, որպեսզի առարկայի պատկերը եւ K կետը գտնվեն միեւնույն հարթության մեջ:

3.5.5.4. Ներքին ֆոկուսացումով դիտակներ

Այդ դիտակները ունեն հետեւյալ յուրահատկությունը: Առարկայի շրջված պատկերը ցանցի թելերի հարթության հետ համատեղելու համար, այսինքն, ֆոկուսացումը իրագործելու նպատակով օգտագործվում է բացասական, օրինակ, երկգոգավոր ոսպնյակ 3, որը տեղակայում են օբյեկտիվի գլանի 2 մեջ եւ տեղաշարժում են կրեմալիերի 4 միջոցով (նկ.3.44): Դիտակի մեջ բացակայում է օկուլյարային ծունկը, իսկ օկուլյարային խողովակը 5 օկուլյարի 6 հետ միասին շարժվում է (պտտվում է) անմիջապես օբյեկտիվի գլանի մեջ: Ցանցի թելերի թիթեղիկը 9 ամրացված է դիաֆրագմայի 7 վրա: Դիաֆրագմայի տեղաշարժումը կատարվում է ուղղիչ պտուտակների 8 օգնությամբ: Ուղղումը ըստ աչքի կատարվում է խողովակի 5 պտույտով:

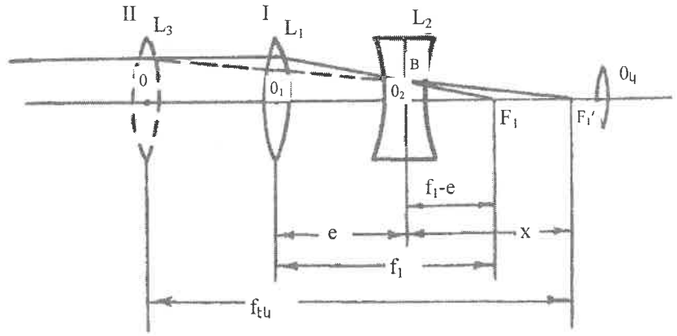


Նկ.3.44

Երկգոգավոր ոսպնյակը դիտակի օպտիկական առանցքի ուղղությամբ շարժվելու ընթացքում փոխվում է օբյեկտիվի ֆոկուսային հեռավորությունը: Դա հնարավորություն է ստեղծում տեղափոխել առարկայի պատկերը առանց դիտակի երկարությունը փոխելու:

Գծագրի վրա (նկ.3.45) հոծ գծով ցույց է տրված օբյեկտիվը՝ L_1-ը եւ դրա ֆոկուսը՝ F_1-ն այն դեպքում, երբ բացակայում է երկգոգավոր ֆոկուսացնող L_2 ոսպնյակը:

Օպտիկական առանցքին զուգահեռ ճառագայթը, բեկվելով L_1 ոսպնյակի մեջ, կանցնի դրա F_1 ֆոկուսով: Եթե այժմ բեկված ճառագայթի ճանապարհին դրվի երկգոգավոր L_2 ոսպնյակը, ապա դա կփոխի ճառագայթի ուղղությունը, եւ դա կհատվի օպտիկական առանցքի հետ F_1' կետում: Նույն արդյունքը կստացվեր, եթե լրացուցիչ L_2 ոսպնյակի եւ f_1 ֆոկուսային հեռավորություն ունեցող L_1 օբյեկտիվի փոխարեն օգտագործվեր L_3 օբյեկտիվը: Այդ դեպքում օբյեկտիվի ոսպնյակի համարժեք (էկվիվալենտ) ֆոկուսային հեռավորությունը՝ $f_{էկ}$-ն, պետք է ավելի մեծ լինի f_1-ից: Այդ մեծությունը՝ $f_{էկ}$-ն, փոփոխական է եւ կախված է ցրող L_2 ոսպնյակի դիրքից: Տեղաշարժելով ցրող ոսպնյակը կրեմալիերի կամ հատուկ օղակի օգնությամբ, որը համառանցք է օբյեկտիվի գլանին, կարելի է շեղել դրա վրա ընկնող ճառագայթները այնպես, որ առարկայի պատկերը ստացվի ցանցաթելերի հետ միեւնույն հարթության մեջ: Այսպիսով, հատուկ, ֆոկուսացնող ոսպնյակի օգնությամբ կարելի է կատարել ուղղումը ըստ առարկայի՝ առանց օբյեկտիվի եւ օկուլյարի միմյանց նկատմամբ տեղաշարժելը:



Նկ.3.45

Ներքին ֆոկուսացումով դիտակների երկարությունը հաստատուն է, դրանք կարող են պատրաստվել ավելի հերմետիկ եւ ավելի կարճ, քան արտաքին ֆոկուսացումով դիտակները: Նորագույն գեոդեզիական գործիքների ներքին ֆոկուսացումով դիտակները տալիս են նաեւ առարկաների ուղիղ պատկերը:

3.5.6 Թելային հեռաչափ

Հեռաչափ են անվանում այն գործիքները, որոնք ծառայում են տեղամասի կետերի միջեւ հեռավորությունները չափելու համար կողմնակի ճանապարհով, այսինքն, առանց չափող սարքը՝ ժապավենը կամ չափերիզը, գծի վրա տեղաղրելու միջոցով:

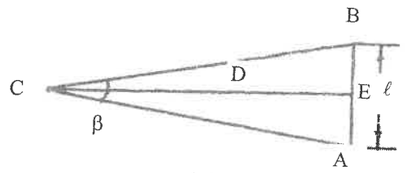
Բոլոր գոյություն ունեցող հեռաչափերը կարելի է բաժանել երկու խմբի. հեռաչափեր, որոնք հիմնված են էլեկտրամագնիսական ալիքների օգտագործման վրա, այսպես կոչված, ռադիո եւ լուսային հեռաչափեր, եւ օպտիկական հեռաչափեր: Տեղեկություններ էլեկտրամագնիսական հեռաչափի վերաբերյալ բերված են § 3.5.8 –ում: Այժմ ծանոթանանք օպտիկական հեռաչափի կառուցման սկզբունքի հետ:

Օպտիկական հեռաչափի հիմքում դրված է հավասարասրուն եռանկյան լուծումը, որի բարձրությունը անհամեմատ մեծ է հիմքից:

Գծագրի (նկ.3.46) վրա CAB եռանկյան բարձրությունը չափվող CE գծի D երկարությունն է: Եռանկյան հիմքը՝ $AB=\ell$, կոչվում է բազիս, իսկ C կետը՝ β պարալաքսային կոչվող անկյան գագաթն է՝

$$D = \ell \cdot \frac{1}{2} \cdot \operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} \qquad (3.20)$$

Բանաձեւից երեւում է, որ D երկարությունը կարելի է որոշել երկու ճանապարհով:



Նկ.3.46

1) Եթե հայտնի է բազիսի երկարությունը՝ ℓ -ը, որը տվյալ դեպքում մնում է հաստատուն, ապա անհրաժեշտ է D-ն որոշելու համար չափել β պարալաքսային անկյունը: Այսպիսի սկզբունքով աշխատող գործիքները անվանում են հեռաչափեր հաստատուն բազիսով եւ փոփոխական պարալաքսային անկյունով:
2) Եթե հայտնի է պարալաքսային β անկյունը, ապա D հեռավորությունը որոշելու համար բավական է չափել բազիսի ℓ երկարությունը տվյալ հեռավորության դեպքում: Այդպիսի գործիքները անվանում են հեռաչափեր հաստատուն պարալաքսային անկյունով եւ փոփոխական բազիսով:

Առաջին դեպքի համար (3.20) բանաձեւը արտագրենք հետեւյալ տեսքով՝

$$D = \frac{1}{2\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}} \cdot \ell \qquad (3.21)$$

Քանի որ β անկյունը փոքր է, ապա դրա տանգենսը կարելի է փոխարինել անկյան աղեղի արժեքով՝ $\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = \frac{\beta'}{2\rho'}$, որտեղ β-ն անկյան արժեքն է, արտահայտված րոպեներով, իսկ ρ'-ը՝ մեկ ռադիանում պարունակվող րոպեների քիվն է (ρ=3438'): Ուստի

$$D = \frac{\ell}{2\frac{\beta}{2\rho}} = \frac{\ell \cdot \rho}{\beta} = \frac{C}{\beta}, \qquad (3.22)$$

որտեղ $C = \ell \cdot \rho$ հաստատուն է տվյալ գործիքի համար:
Երկրորդ դեպքում՝

$$D = K.\ \ell, \qquad (3.23)$$

որտեղ՝

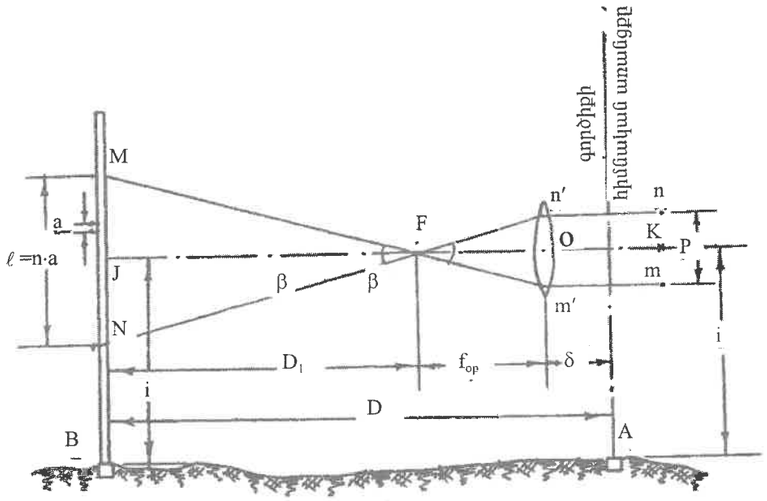
$$K = \frac{1}{2}\operatorname{ctg}\frac{\beta}{2} \qquad (3.24)$$

նույնպես հաստատուն է եւ կոչվում է հեռաչափի գործակից:
Դիտարկենք երկրորդ դեպքին վերաբերող օպտիկական հեռաչափերից պարզագույնի տեսությունը: Այդ հեռաչափը կոչվում է թելային հեռաչափ հաստատուն β անկյունով եւ փոփոխական ℓ բազիսով:

3.5.6.1 Թելային հեռաչափի տեսությունը

Ժամանակակից գեոդեզիական գործիքների դիտակների մեծ մասը բացի խաչաձեւ թելիկներից ունի նաեւ երկու հորիզոնական հեռաչափական կոչվող թելիկներ (նկ.3.39): Գծագրի վրա (նկ.3.47) ցույց է տրված դիտակի կտրվածքը հեռաչափական թելերին ուղղահայաց օպտիկական առանցքով անցնող հարթությունով: Վերին հեռաչափական թելիկին համապատասխանում է n կետը, եւ ներքեւի թելիկին՝ m կետը: Տվյալ դիտակի համար n եւ m կետերի միջեւ P հեռավորությունը մնում է հաստատում: Այդ P հեռավորությունից կախված է β անկյան մեծությունը, ուստի դիտարկվող թելային հեռաչափը ունի հաստատուն պարալաքսային անկյուն:

Որպես փոփոխական ℓ երկարություն ունեցող բազիս ծառայում է n եւ m թելիկների միջոցով որոշվող NM հատվածը ձողաքանոնի վրա, որի N եւ M կետերը հանդիսանում են որպես ցանցաթելերի պրոյեկցիաներ: Այդ ℓ =NM երկարությունը անվանում են հեռաչափական հաշվանք:



Նկ.3.47

Ենթադրենք, անհրաժեշտ է չափել հորիզոնական հեռավորությունը տեղամասի A եւ B կետերի միջեւ (տվյալ մասնավոր դեպքում ենթադրվում է, որ AB գիծը գտնվում է հորիզոնական հարթության վրա):

A կետում տեղակայում են գործիքը եւ կենտրոնադրում են այն: Այնուհետեւ հիմնական առանցքը բերում են ուղղաձիգ դիրքի, պարզեցնում են ցանցի թելերը եւ դիտոցային առանցքը ուղղում են B կետում տեղակայված ձողաքանոնի i բարձրությանը համապատասխանող J հաշվանքին: Այս դեպքում, քանի որ AB գիծը գտնվում է հորիզոնական հարթության մեջ, իսկ ձողաքանոնը տեղակայված է ուղղաձիգ վիճակում, դիտոցային առանցքի ուղղությունը կլինի ուղղահայաց ձողաքանոնի հարթությանը:

Գործիքի ուղղաձիգ առանցքից մինչեւ ձողաքանոնի հարթությունը եղած հորիզոնական D հեռավորությունը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$D = D_1 + f_{op} + \delta = D_1 + C, \qquad (3.25)$$

որտեղ D_1՝ ձողաքանոնից մինչեւ օբյեկտիվի առջեւի F ֆոկուսը եղած հեռավորությունն է:

$$D_1 = \frac{f_{op}}{P} \cdot \ell = K \cdot \ell \qquad (3.26)$$

$K = \frac{f_{op}}{P}$ հեռաչափի գործակիցն է (տես բանաձեւ 3.24)

f_{op}՝ օբյեկտիվի ֆոկուսային հեռավորությունն է,
P-ն ցանցաթելերի միջեւ եղած հեռավորությունն է:

$$C = f_{op} + \delta \qquad (3.27)$$

δ-ն օբյեկտիվի կենտրոնից մինչեւ գործիքի հիմնական առանցքը եղած հեռավորությունն է:
C հաստատուն քիվը անվանական է եւ արտաքին ֆոկուսացումով դիտակների համար արտահայտվում է մետրի տասներորդական մասերով: Ներքին ֆոկուսացումով դիտակների C հաստատունը մոտ է զրոյի:
Հեռաչափական n եւ m թելիկների օգնությամբ ձողաքանոնի վրա կարդացած NM երկարությունը (հաշվանքը) հավասար է ℓ =n.a, որտեղ a-ն ձողաքանոնի մեկ բաժանքի գինն է, իսկ n-ը՝ բաժանքների քիվը N եւ M կետերի միջեւ: Ուրեմն, (3.25) բանաձեւը կարելի է ներկայացնել հետեւյալ տեսքով՝

$$D = K.\ \ell + C = K.n.a + C \qquad (3.28)$$

Եթե ձողաքանոնի յուրաքանչյուր a բաժանքը մեկ սանտիմետր է, կարող ենք գրել՝

$$D=K.n \text{ սմ}+C \qquad (3.29)$$

Գեոդեզիական գործիքների դիտակները ձգտում են պատրաստել այնպես, որ K-ն հավասար լի-նի 100-ի: Այս դեպքում K.n սմ=100.n սմ=n մ եւ

$$D=n \text{ մ}+C, \qquad (3.30)$$

որտեղ C-ն նույնպես պետք է արտահայտվի մետրերով:

Սակայն ոչ միշտ է, որ K=100 եւ D-ն որոշելու համար անհրաժեշտ է որոշել ոչ միայն C-ն, այլեւ K-ն:

Արտաքին ֆոկուսացումով դիտակների համար K գործակիցը եւ C հաստատունը անփոփոխ են, քանի որ անփոփոխ են $f_{օբ}$, P եւ δ մեծությունները:

Ինչպես տեսանք, C հաստատունը հավասար է $f_{օբ}+\delta$ գումարին: Այն որոշելու համար չափում են դիտակի վրայով օբյեկտիվից մինչեւ ցանցաթելերը եղած հեռավորությունը, որը մոտ է $f_{օբ}$ մեծությանը, եւ օբյեկտիվից մինչեւ պտտման ուղղածիգ առանցքը եղած տարածությունը, որը հավասար է δ-ի:

Արտաքին ֆոկուսացումով դիտակների համար C-ն հավասար է լինում (0,3-0,6) մետրի:

K գործակիցը որոշվում է բանաձեւով՝

$$K=\frac{D-C}{\ell} \qquad (3.31)$$

Ներքին ֆոկուսացումով դիտակների համար K-ն եւ C-ն փոփոխական են, որովհետեւ դիտակը ֆոկուսացնելու ընթացքում փոփոխվում է օբյեկտիվի եւ ֆոկուսացնող ոսպնյակի մեջ եղած հեռավորությունը (նկ.3.45), որի շնորհիվ փոփոխվում են նաեւ f եւ K մեծությունները: Ժամանակակից դիտակները, որոնք, մեծ մասամբ, ներքին ֆոկուսացումով են, կառուցվում են այնպես, որ դիտակի C հաստատունը գործնականորեն մոտ է լինում զրոյի: Միեւնույն ժամանակ K գործակիցը կարող է փոփոխվել զգալի սահմաններում, հատկապես կարճ տարածությունների վրա: Քանի որ վերջին հանգամանքը դժվարացնում է բանաձեւի (3.28) կիրառումը, այն ձեւափոխում են հետեւյալ ձեւով: Ենթադրենք, որ K-ն հավասար չէ կլոր թվի՝ 100-ի, այլ հավասար է K=100+q:

Այս դեպքում բանաձեւը (3.28) կարելի է բերել հետեւյալ տեսքի՝

$$D=(100+q).\ \ell+C=100\ell+q.\ \ell+C=100\ell+\Delta \qquad (3.32)$$

$$\Delta=q.\ \ell+C$$

$$\ell=n.a, \text{ եթե } a=1\text{սմ } D=100a.n+\Delta=n_\delta+\Delta_\delta, \qquad (3.32')$$

որտեղ Δ_δ-ն կներկայացնի հեռաչափի փոփոխական ուղղումը, որի օգնությամբ հաշվի կառնվեն K գործակցի եւ C հաստատունի հնարավոր փոփոխությունները:

Որպեսզի օգտվել բանաձեւից (3.32'), անհրաժեշտ է որոշել Δ-ն տարբեր հեռավորությունների համար (տարբեր ℓ-ի): Այդ նպատակով հարթ եւ հորիզոնական հրապարակի վրա ընտրում են AB գիծը եւ բաժանում այն 8 հավասար, 20 մետրանոց հատվածների: Բոլոր ստացված հատվածները՝ AB_1, AB_2…….. չափում են ժապավենով 1:3000 ճշտությամբ: A կետում կենտրոնադրում են գործիքը եւ բոլոր կետերում են դրա դիտակը հորիզոնական դիրքի, որից հետո ուղղում են այն B_1, B_2, B_3……B_8 կետերում տեղակայված ձողաքանոնին եւ կարդում են ℓ_1, ℓ_2……ℓ_8 հաշվանքները: Ամեն մի հեռավորության համար (20մ, 40մ…) որոշում են Δ_i ուղղումները բանաձեւով (3.32)՝

$$\Delta_i=D_i-100\ell_i=D_i-n_i$$

D եւ n-ը արտահայտված են մետրերով,

Δ_i-ն հաշվի են առնում տարբեր երկարություն ունեցող գծերը չափելիս:

Գծերը թելային հեռաչափով չափվում են մեծ արագությամբ, սակայն ոչ բարձր ճշտությամբ: Բազմաթիվ հետազոտությունները եւ գործնական փորձը ցույց տվեցին, որ բարենպաստ պայմաններում գծերի չափման հարաբերական սխալը միջին հաշվով հավասար է 1:300, այսինքն, 300 մետրի վրա հնարավոր է սխալվել մինչեւ 1 մետր, իսկ ոչ բարենպաստ պայմաններում սխալը կարող է հասնել մինչեւ 1:200 եւ նույնիսկ 1:100: Այդպիսի ցածր ճշտությունը բացատրվում է մի շարք անխուսափելի սխալներով, որոնց աղբյուրները վերացնել հնարավոր չէ: Սխալների հիմնական պատճառներն են ձողաքանոնի վրա հաշվանք կատարելու սխալները, որոնք այն բանի հետեւանքն են, որ հեռաչափական թելիկները ունեն որոշակի հաստություն: Սխալներ են առաջանում նաեւ ձողաքանոնի ոչ ուղղաձիգության, լույսի ճառագայթների ռեֆրակցիայի եւ արտաքին ուրիշ գործոնների պատճառով:

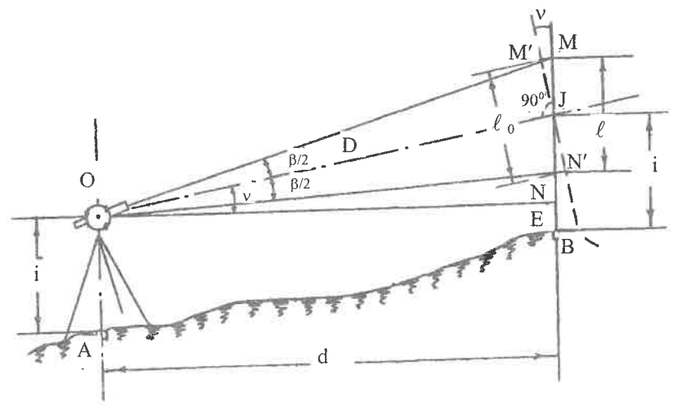
Ելնելով նշվածից՝ թելային հեռաչափը հիմնականում օգտագործում են տեղագրական եւ հորիզոնական հանույթների ժամանակ իրադրության եւ ռելիեֆի հանույթելու համար:

Գծերի չափման ճշտությունը որոշ սահմաններում պահպանելու համար (1:300-ից ոչ ցածր) խորհուրդ է տրվում 200 մետրից ավել երկարություն ունեցող գծերը չափելիս բաժանել դրանց առանձին հատվածների:

Չափումները խորհուրդ է տրվում կատարել լավ տեսանելիության ժամերին, երբ ձողաքանոնի պատկերը դիտակի մեջ երեւում է առանց աղավաղումների:

3.5.6.2 Թեք գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի որոշումը հեռաչափով

Գործնականում դիտակի դիտոցային առանցքը մեծ մասամբ ունենում է որոշակի թեքության անկյուն, որովհետեւ գծերը դասավորված են լինում թեք լանջերի վրա: Քանի որ ձողաքանոնը միշտ պահում են ուղղաձիգ վիճակում, ուստի դրա հարթությունը մեծ մասամբ ուղղահայաց չի լինում դիտակի դիտոցային առանցքին: Ենթադրենք, գործիքը տեղակայված է A կետում, իսկ ձողաքանոնը՝ B կետում, եւ դիտոցային առանցքը ուղղված է ν անկյան տակ ձողաքանոնի վրա նշված գործիքի i բարձրությանը (նկ.3.48):



Նկ.3.48

Ձողաքանոնի վրա հեռաչափական թելերի պրոյեկցիաների (M եւ N) միջեւ եղած հեռավորությունը հավասար է ℓ-ի: AB գծի հորիզոնական պրոյեկցիան՝ d-ն, որոշելու համար չենք կարող կիրառել 3.33 կամ 3.29 բանաձեւերը, որովհետեւ դիտոցային առանցքը ուղղահայաց չէ ձողաքանոնի հարթությանը: Ենթադրենք, որ ձողաքանոնը պտտված է J կետի շուրջը ν անկյան չափով այնպես, որ դրա հարթությունը դարձել է ուղղահայաց դիտոցային OJ ճառագայթին: Այս դեպքում հեռաչափական թելերի պրոյեկցիաները ձողաքանոնի վրա կհամապատասխանեն N' եւ M' կետերին, եւ ենթադրվող հաշվանքը ձողաքանոնի վրա հավասար կլինի N'M' (ℓ_0):

Քանի որ տվյալ դեպքում դիտոցային առանցքը ուղղահայաց է ձողաքանոնի հարթությանը, կարելի է գրել համաձայն (3.32)-ի՝

$$D=100\ell_0+\Delta \qquad (3.33)$$

Գծագրից երեւում է, որ $\ell_0=\ell.\text{Cos}\nu$ եւ

$$D=100\ell.\text{Cos}\nu+\Delta, \text{ իսկ} \qquad (3.34)$$

$$d=D.\text{Cos}\nu=100\ell\,\text{Cos}^2\nu+\Delta\text{Cos}\nu \qquad (3.35)$$

Ստացված արտահայտության մեջ երկրորդ անդամը փոքր է եւ դա կարելի է ներկայացնել հետեւյալ տեսքով՝ $\Delta\text{Cos}\nu=\Delta\text{Cos}^2\nu$, ուստի կարելի է գրել՝

$$d=(100\ell+\Delta)\text{Cos}^2\nu \qquad (3.36)$$

Ստացված բանաձեը ներկայացնում են նաեւ հետեւյալ տեսքով՝

$$d=D'.\ Cos^2\nu=D'(1-Sin^2\nu)=D'-D'Sin^2\nu=D'-\Delta d \qquad (3.37)$$

$$D'=100\,\ell+\Delta$$
$$\Delta d=D'.Sin^2\nu \qquad (3.38)$$

Եթե թեքության անկյունը ν փոքր է 2°-ից, ապա Δd ուղղումը չի հաշվարկվում: Այս դեպքում $Cos^2\nu=1$, եւ որպես գծի հորիզոնական պրոյեկցիա ընդունվում է անմիջապես հեռաչափով ստացված $D'=100\,\ell+\Delta$ երկարությունը:

3.5.7 Կրկնակի պատկերով օպտիկական հեռաչափեր

Թելային հեռաչափի դրական կողմը բխում է դրա կառուցման եւ կիրառման պարզությունից: Հեռաչափի բացասական հատկությունը՝ դրա ցածր ճշտությունն է (1:100, 1:300), որը պայմանավորված է հետեւյալ գործոններով:

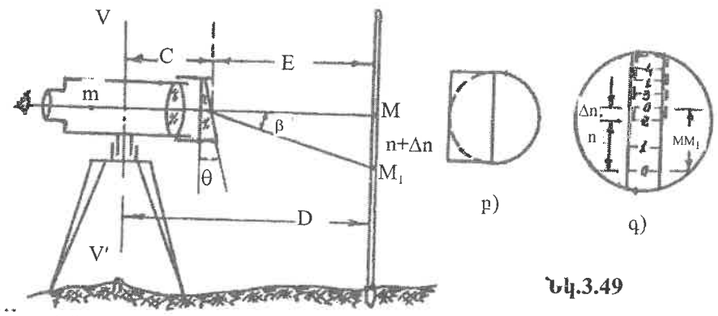
1) Քանի որ հեռաչափական թելերով հաշվանքները կատարվում են ոչ միաժամանակ, ապա տեղի ունեցող օդի տուրբուլենտ շարժումների շնորհիվ կառաջանան սխալներ: Բացի այդ, ռեֆրակցիայի (լուսաբեկման) աղդեցությունը վերին եւ ներքեւի ճառագայթների վրա տարբեր է լինում, որը նույնպես սխալ է առաջացնում:
2) Հեռաչափական թելիկների հաստությունը հաշվանք կատարելու ընթացքում սխալի աղբյուր է դառնում:
3) K գործակիցը եւ C հաստատունը փոխում են իրենց մեծությունները, երբ ներքին ֆոկուսացումով դիտակների մեջ տեղաշարժվում է ֆոկուսացնող ոսպնյակը:

Այս թերությունների մեծ մասը վերացված է կրկնապատկերով օպտիկական հեռաչափերի մեջ, որոնք կարող են պատրաստվել որպես ինքնուրույն գործիք, կամ որպես կցան թեոդոլիտի դիտակի վրա:

Կրկնապատկերով հեռաչափը սեպաձեւ փոխհատուցիչով (կոմպենսատորով)

Այս հեռաչափը վերաբերում է հաստատուն պարալաքսային անկյունով եւ փոփոխական բազիսով գործիքներին:

Հաստատուն β անկյունը ստեղծվում է եռանիստ պրիզմայի օգնությամբ (նկ.3.49ա), որը տեղակայվում է օբյեկտիվի առջեւ եւ փակում է դրա կեսը (նկ.3.49բ): θ անկյան փոքրության պատճառով պրիզման անվանում են "օպտիկական սեպ": Որպես բազիս ծառայում է հեռաչափական ձողաքանոնը, որը կարող է տեղակայվել ուղղաձիգ կամ հորիզոնական վիճակում:



Նկ.3.49

Դիտոցային առանցքի վրա գտնվող m կետը, որի ճառագայթը անցնում է օբյեկտիվի եւ սեպի միջեւ, պրոյեկտվում է ձողաքանոնի M եւ M_1 կետերում: Դիտորդը դիտակի օկուլյարի մեջ տեսնում է մեկը մյուսի հետ համատեղված ձողաքանոնի երկու պատկեր (նկ.3.49գ), որոնք շեղված են MM_1 հատ-

վածի չափով: Նկարի վրա պատկերներից մեկը ցույց է տրված հոծ գծով, իսկ մյուսը՝ կետագծով: Գծագրից երեւում է, որ $MM_1=n+\Delta n$ եւ հավասար է 2,4 բաժանքի:

D=E+C , որտեղ C-ն գործիքի պտտման VV' առանցքից մինչեւ սեպի կենտրոնը եղած հեռավորությունն է, որը հեռաչափի հաստատունն է՝

$$E=MM_1.ctg\beta=(n+\Delta n)\ ctg\beta=(n+\Delta n).K$$

Հաշվարկները հեշտացնելու համար β-ն ընտրում են հավասար 0°34'22,6", որի դեպքում ctgβ=100: Այս դեպքում՝

$$D=100(n+\Delta n)+C \qquad (3.39)$$

Ինչպես տեսնում ենք, ստացվեց թելային հեռաչափի բանաձեը:

Այդպիսի հեռաչափի ճշտությունը մի քանի անգամ բարձր է թելային հեռաչափի ճշտությունից: Այստեղ վերացված է թելիկներով ոչ միաժամանակ հաշվանք կարդալու սխալը, որովհետեւ տեսադաշտի մեջ միաժամանակ երեւում են ձողաքանոնի երկու պատկերներ, որոնք օդի տուրբուլենտության դեպքում շարժվում են միասին: Հորիզոնական ձողաքանոն օգտագործելու դեպքում վերացվում է նաեւ ռեֆրակցիայի ազդեցությունը: Բացի այդ վերացված է թելիկների հաստության ազդեցությունը, քանի որ թելիկներ չկան, եւ ֆոկուսացնող ոսպնյակի շարժման պատճառով առաջացող սխալը, քանի որ հեռաչափի գործակիցը կախված չէ օբյեկտիվի ֆոկուսային հեռավորությունից:

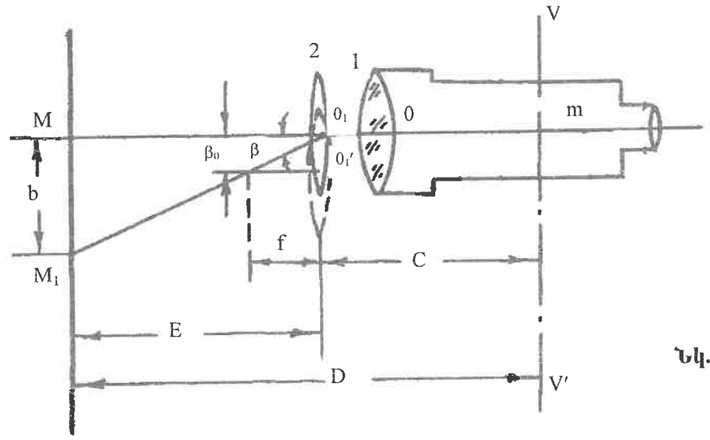
Նկարագրված հեռաչափը ունի նաեւ թերություններ: Ընդհանուր թերությունը պայմանավորված է պայծառության նվազումով, քանի որ օբյեկտիվի առաջ դրվում են լրացուցիչ օպտիկական տարրեր: Բացի այդ, սեպի տեղադրման սխալները ազդում են հեռաչափի գործակցի վրա:

K= ctgβ գործակիցը որոշելու համար ընտրում են տեղամասի վրա 150մ հեռավորությամբ գիծ եւ բաժանում են այն 30 մետրանոց հատվածների: Ընտրված բազիսի երկարությունը պետք է չափվի ոչ պակաս $\frac{1}{3000}$ հարաբերական ճշտությամբ: Մինչեւ K-ի որոշելը կատարում են թեոդոլիտի ստուգումները, որոնք կապված են ցանցաթելերի տեղաշարժման հետ:

K գործակիցը ստուգելու համար բազմաթիվ անգամ չափում են նշահարված հատվածները հեռաչափի եւ ձողաքանոնի օգնությամբ, որոնք պետք է օգտագործվեն հետագայում աշխատանքի ընթացքում:

Փոխհատուցիչով հաստատուն պարալաքսային անկյունով եւ հաստատուն բազիսով օպտիկական հեռաչափ

Խոսքը գնալու է կրկնապատկերով օպտիկական հեռաչափի մասին, որի β անկյունը փոփոխական է, իսկ ձողաքանոնի վրա MM_1 հատվածը հաստատուն է (նկ.3.50):



Նկ.3.50

Պատկերացնենք, որ դիտակի օբյելտիվի 1 դիմաց տեղակայված է բարակ ոսպնյակ 2: Դիցուք, սկզբնական վիճակում օբյեկտիվի օպտիկական mo առանցքը եւ ոսպնյակի mo_1 առանցքը համընկնում են, եւ m կետը պրոյեկտված է ձողաքանոնի վրա M կետում: Եթե այժմ ոսպնյակը տեղափոխվի

օպտիկական առանցքին ուղղահայաց ուղղությամբ β_0 հատվածի չափով, m կետի պատկերը կտեղափոխվի M_1 կետը, որովհետեւ ճառագայթը կշեղվի ոսպնյակով β անկյան տակ: Եթե β անկյունը չափվում է վայրկյաններով, ապա կարելի է գրել՝

$$\beta = \frac{\beta_0}{f} \cdot \rho , \qquad (3.40)$$

որտեղ f-ը ոսպնյակի (փոխհատուցիչի) առջեւի ֆոկուսային հեռավորությունն է մետրերով,

β_0-ն ոսպնյակի շեղումն է, (մետրերով)

ρ-ն ռաղիանում պարունակվող վայրկյանների թիվն է:

Այդ դեպքում E հեռավորությունը հավասար կլինի՝

$$E=MM_1.Ctg\beta=b\cdot\frac{\rho}{\beta} \qquad (3.41)$$

Գործիքի պտտման VV' առանցքից մինչեւ հեռաչափական քանոնը եղած հեռավորությունը՝ D-ն, հավասար կլինի՝

$$D=E+C=b\cdot\frac{\rho}{\beta}+C, \qquad (3.42)$$

որտեղ C-ն հեռաչափի հաստատուն ուղղումն է:

Քանի որ β անկյունը չափվում է անուղղակի ճանապարհով՝ β_0 շեղման չափման միջոցով, որը սովորաբար արտահայտվում է պայմանական միավորներով, ապա β''-ը վայրկյաններով ստանալու համար օգտագործում են փոխանցիչ գործակից ε, այսինքն՝

$$\beta''=\beta_0\cdot\varepsilon, \qquad (3.43)$$

եւ

$$D=\frac{1}{\beta_0}\cdot\frac{b\rho''}{\varepsilon}+C=\frac{1}{\beta_0}\cdot K+C, \qquad (3.44)$$

որտեղ $K=\frac{b\cdot\rho''}{\varepsilon}$, իսկ β_0-ն հեռաչափական սանդղակով կարդացած հաշվանքն է, որը պայմանականորեն գնահատվում է վայրկյաններով:

Հեռաչափի K գործակիցը որոշվում է փորձնական ճանապարհով՝ բազիսի չափման միջոցով այնպես, ինչպես հաստատուն β անկյուն ունեցող գործիքների համար: Յուրահատկությունը կայանում է նրանում, որ դիտարկվող դեպքում K-ն արտահայտվում է մեծ թվով: Օրինակ՝ երբ հեռաչափի բազան b=1մ եւ սանդղակի բաժանքի արժեքը 0,1 մմ է, K=21000:

Աղյուսակ 3.2

Կրկնապատկերով հեռաչափերի բնութագրերը			
	հեռաչափերի տիպերը		
Բնութագրերը	ինքնուրույն գործիք D-2	կցան DHP-5	կցան DH-8
հեռավորությունների ընդգրկումը, մ	4-400	2-120	50-700
չափման միջին քառակուսային սխալը 100 մ հեռավորության դեպքում, սմ	2	5	8
օգտագործվում է թեոդոլիտների հետ		T15, T5, T2	T2
Զանգվածը, կգ	4	0,6	0,6
Ցողաքանոնի դիրքը հորիզոնական Հ ուղղաձիգ Ու	Հ եւ Ու	Ու	Հ

Թեք գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաները ստանալու համար չափում են գծի թեքության անկյունը եւ հաշվի են առնում համապատասխան ուղղումը:

Կախովի սեպեր եւ ուղղաձիգ ծողաքանոններ օգտագործելու դեպքում հնարավոր է անմիջապես, առանց միջանկյալ հաշվարկների ստանալ գծի հորիզոնական d պրոյեկցիան:

Օպտիկական հեռաչափերի օգտագործման փորձը վկայում է այն մասին, որ այդ գործիքները հնարավորություն են տալիս կատարել գծային չափումները տարբեր պայմաններում բավականաչափ օպերատիվ եւ նվազագույն ծախսերով:

Աղյուսակի (աղ.3.2) մեջ բերված են տվյալներ տարբեր օպտիկական հեռաչափերի մասին եւ նշված են դրանց կիրառման ոլորտները:

3.5.8. Հասկացողություն էլեկտրամագնիսական հեռաչափերի մասին

Ինչպես երեւում է աղյուսակում (3.2) բերված տվյալներից, օպտիկական հեռաչափերը թույլ են տալիս չափել մինչեւ 700 մ երկարություն ունեցող գծեր, իսկ դրանց առավելագույն ճշտությունը գնահատվում է 1:5000 հարաբերական սխալներով:

Ավելի մեծ երկարություն ունեցող գծեր չափելու համար ստեղծված են էլեկտրամագնիսական հեռաչափեր, որոնք բաժանվում են ռադիո եւ լուսային հեռաչափերի, կախված նրանից, թե ինչպիսի ալիքներ են օգտագործվել չափման պրոցեսը իրականացնելու համար:

Լուսային հեռաչափերը այսօր ապահովում են ամենաբարձր ճշտությունը, դրանք թույլ են տալիս չափել մի քանի տասնյակ մետրից մինչեւ մի քանի տասնյակ կիլոմետր՝ 1:5000-ից մինչեւ 1:1000000-ը ճշտությամբ:

Ժամանակակից հեռաչափերը բաժանվում են հետեւյալ երեք խմբի.

1) պետական գեոդեզիական ցանցերի գծերը չափելու համար;
2) գեոդեզիական խտացման ցանցերի կողմերը չափելու համար;
3) կիրառական կամ ճարտարագիտական գեոդեզիական խնդիրներ լուծելու համար:

Ցանկացած լուսահեռաչափը բաղկացած է երկու հիմնական մասերից, որոնք հատվածի երկարության չափման ընթացքում տեղակայվում են դրա ծայրակետերում, հաղորդիչ-ընդունիչից եւ անդրադարձիչից: Հաղորդիչ-ընդունիչը լույսի ճառագայթները ուղարկում է դեպի անդրադարձիչը եւ ընդունում է այդ ճառագայթները անդրադառնալուց հետո: Այս պրոցեսի ընթացքում լույսը V արագությամբ որոշակի t ժամանակամիջոցում անցնում է հաղորդիչից մինչեւ անդրադարձիչ եղած D հեռավորության կրկնակի (2D) արժեքը: Ուստի կարելի է գրել հետեւյալ հավասարումը՝

$$D=\frac{1}{2}V\cdot t , \qquad (3.45)$$

որտեղ V-ն լույսի ճառագայթների արագությունն է օդի մեջ,

t-ն այն ժամանակն է, որի ընթացքում լույսը անցնում է 2D երկարությունը:

(3.45) բանաձեւից բխում է, որ

$$\left(\frac{m_D}{D}\right)^2=\left(\frac{m_V}{V}\right)^2+\left(\frac{m_t}{t}\right)^2, \qquad (3.46)$$

որտեղ m_D, m_V եւ m_t-ն D, V եւ t մեծությունների որոշման միջին քառակուսային սխալներն են:

Լուսային հեռաչափերը համեմատաբար բարդ ու թանկարժեք սարքեր են, ուստի դրանց կիրառման անհրաժեշտությունը պետք է հիմնավորված լինի: Այդ գործիքները կիրառվում են չհնարարական գեոդեզիական աշխատանքներում, երբ ուրիշ գործիքները , օրինակ, օպտիկական հեռաչափերը, չեն կարող ապահովել պահանջվող բարձր ճշտությունը:

(3.45) բանաձեւի մեջ V մեծությունը հավասար է

$$V=\frac{c}{n}, \qquad (3.47)$$

որտեղ c-ն լույսի արագությունն է անօդ տարածության մեջ, որը հավասար է 299792,5±0,4 կմ/վրկ, n-ը լույսի բեկման գործակիցն է: Այդ գործակիցը կախված է օդի ջերմաստիճանից, ճնշումից եւ խո-

նավությունից, ուստի ճշգրիտ լուսահեռաչափային աշխատանքների ժամանակ չափում են նաեւ վերոհիշյալ պարամետրերը, որոնք անհրաժեշտ են n գործակիցը ստանալու համար:

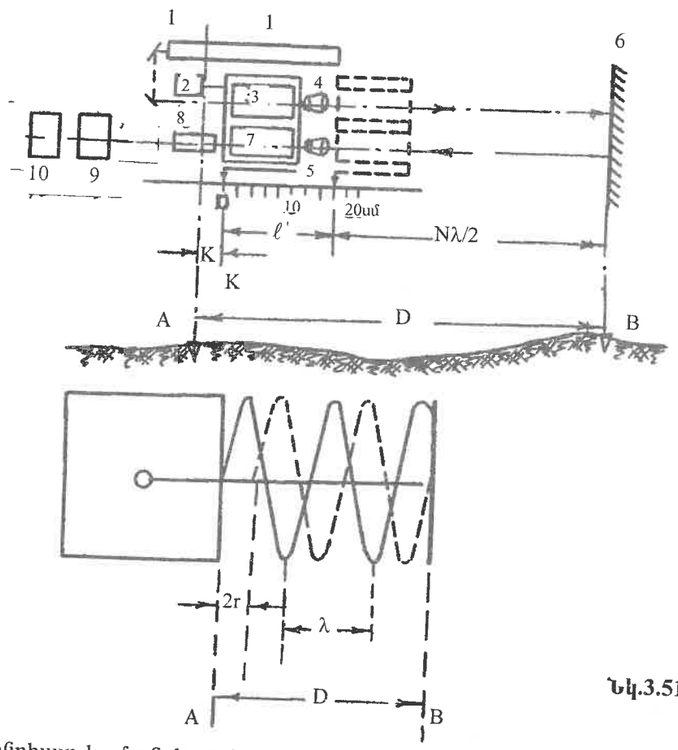
Հեռաչափի բանաձեւի մեջ t ժամանակի չափման ճշտությունով է որոշվում գործիքի ճշտությունը կարճ (մի քանի կիլոմետր) տարածությունների վրա: Անմիջականորեն այդ մեծության չափելը բարդ է, եւ այդ պատճառով դիմում են կողմնակի մեթոդներին:

Եթե t ժամանակը չափում են իմպուլսների օգնությամբ, հեռաչափը կոչվում է իմպուլսային, իսկ եթե օգտագործում են ալիքների ֆազերի տարբերության չափման եղանակը՝ կոչվում է ֆազային:

Իմպուլսային հեռաչափերի ճշտությունը համեմատաբար ցածր է: Օրինակ՝ "Զեներալ էլեկտրիկ" ֆիրմայի իմպուլսային հեռաչափը մինչեւ 5 կիլոմետր հեռավորության վրա ապահովում է գծերի չափումը 0,3 մ սխալով: Ֆազային հեռաչափերի ճշտությունը գնահատվում է մի քանի սանտիմետրից մինչեւ մի քանի միլիմետր եւ ավելի պակաս բացարձակ սխալներով:

Կանգ առնենք ֆազային լուսահեռաչափի կառուցման սկզբունքային սխեմայի վրա (նկ.3.51ա):

Գործիքի հաղորդիչ-ընդունիչ մասը բաղկացած է լույսի աղբյուրից 1, օրինակ, գազային լազերից, բարձր հաճախության տատանումների գեներատորից 2, լույսի մոդուլումը իրականացնող սարքից (մոդուլարարից) 3, հաղորդող 4 եւ ընդունող 5 օպտիկական դիտակներից, անդրադարձիչից 6, մոդուլացված ճառագայթները դեմոդուլող տարրից 7, վերլուծիչից (անալիզարարից) 8, լույսի ընդունիչից 9 եւ սնման աղբյուրից 10:



Նկ.3.51

Անընդհատ կամ ընդհատվող հարթ բեւեռացված լույսի ճառագայթները անց են կացվում մոդուլարարով եւ ուղղվում են հատվածի ծայրում տեղակայված անդրադարձիչի վրա, որի դերը կատարում է, օրինակ, հայելին:Մոդուլարարը սնվում է գեներատորից եկող էներգիայից, որը իրականացվում է գերբարձր հաճախության էլեկտրամագնիսական տատանումների ձեւով: Ինչքան բարձր է հաճախությունը՝ f –ը, այնքան ավելի փոքր է մոդուլարարից դուրս եկող մոդուլված լույսի λ ալիքի երկարությունը: Օրինակ՝ 30 ՄՀց կամ 30.10^6 Հց հաճախության դեպքում λ=10 մ, իսկ երբ f=300 ՄՀց՝ λ=1 մ:

Քանի որ գործիքի մեջ ֆազերի տարբերությունը չափող սարքը հնարավորություն է տալիս գնահատել ալիքի λ-ի 1:1000-ի եւ ավելի փոքր մասերը, ուստի առաջին դեպքում հնարավոր կլինի չափումները կատարել մոտավորապես 1 սմ, իսկ երկրորդ դեպքում՝ 1 մմ ճշտությամբ:

Մոդուլարարի մեջ անընդհատ կամ ընդհատվող լույսի ճառագայթները մոդուլվում են վերոհիշյալ հաճախությամբ այնպես, որ պարբերաբար փոփոխվում է դրա կամ ինտենսիվությունը, կամ հարթ բեւեռացված լույսի բեւեռացման աստիճանը: Գծագրի վրա (նկ.3.51բ) հոծ գծով ցույց է տրված ալիքը այն պահում, երբ դա դուրս է եկել մոդուլարարից դեպի անդրադարձիչը: Ենթադրենք, այդ պահին դրա ֆազը արտահայտվում է φ_A անկյունով:

Կետագծով ցույց է տրված անդրադարձած ալիքը 2D հեռավորությունն անցնելուց հետո: Դրա ֆազը՝ φ_B-ն, հետ է մնում φ_A-ից՝

$$\Delta\varphi=\varphi_B-\varphi_A=\omega t \qquad (3.48)$$

չափով, որտեղ ω-ն ցիկլային հաճախությունն է,

$$\omega=2\pi f \qquad (3.49)$$

Ֆազերի տարբերությունը՝ Δφ-ն, կարելի է արտահայտել ալիքի λ-ի երկարության մասով, որն անվանում են դոմեր՝ r:

$$r=\frac{\Delta\varphi^\circ}{360^\circ}\cdot\lambda=\Delta F\cdot\lambda, \quad \text{որտեղ} \quad \Delta F=\frac{\Delta\varphi^\circ}{360^\circ}=\frac{\Delta\varphi}{2\pi}$$

2D հեռավորության վրա λ ալիքը կտեղավորվի (N+ΔF) անգամ, ուստի 2D=λ(N+ΔF)

$$D=\frac{\lambda}{2}(N+\Delta F) \qquad (3.50)$$

Քանի որ $\lambda=\frac{C}{f.n}$, $D=\frac{C}{2fn}(N+\Delta F)$ (3.51)

Բանաձեւից (3.50) երեւում է, որ D հեռավորությունը չափելու համար անհրաժեշտ է չափել ΔF դոմերը եւ որոշել գծի երկարության մեջ տեղավորված կես ալիքների $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ թիվը՝ N-ը:

Ֆազի կոտորակային մասի (դոմերի) չափումը եւ ալիքների թվի որոշումը

Ֆազի կոտորակային մասը՝ Δφ°-ն, չափվում է ֆազը պտտող հատուկ սարքերով: Գերճշգրիտ լուսահեռաչափերի համար, որոնց մոդուլման հաճախությունը 500 ՄՀց-ից ավել է, դոմերը չափում են օպտիկական գծային հարմարանքով: Այդ հարմարանքը իրենից ներկայացնում է չորս հայելուց բաղկացած մի սարք, որի երկու հայելիները կարող են տեղաշարժվել մանրաչափական պտուտակի օգնությամբ:

Անդրադարձած լույսի ճառագայթները նախքան դեմոդուլարարի մեջ մտնելը հաջորդաբար անդրադառնում են չորս հայելիներից: Քանի որ դրանցից երկուսը շարժական են, ապա հնարավոր է կարճացնել կամ երկարացնել անդրադարձած լույսի ճառագայթների անցած ճանապարհը: Այդ մեթոդով չափվում է դոմերը ամենաճշգրիտ, Մեկոմետր կոչվող լուսահեռաչափի մեջ: Այդ գործիքը արտադրվում էր Ծվեյցարիայում: Երեւանի ճարտարապետաշինարարական ինստիտուտում ստեղծված լուսահեռաչափերում՝ ԱԲՍԴ-1200, որոնց ճշտությունը չի զիջում Մեկոմետր տիպի գործիքներին եւ գնահատվում է միլիմետրի տասնորդական մասերով, դոմերի չափման համար նույնպես օգտագործված է լույսի անցած ճանապարհի փոփոխման սկզբունքը: Սակայն, ի տարբերություն Մեկոմետրի, ԱԲՍԴ-1200 գործիքը չորս անդրադարձիչ հայելիներ չունի: Լույսի անցած ճանապարհը փոխելու համար տեղաշարժվում է հատուկ սահնակների վրա տեղադրված մոդուլարարը: Այդ մեթոդն ունի մի շարք առավելություններ: Բացակայում են հայելիները, ուստի վերացվում են լույսի կորուստները: Վերանում է նաեւ հայելիների ճիշտ տեղադրման աշխատանքը, բարձրանում է կոնստրուկցիայի հուսալիությունը եւ այլն:

Նշված գործիքները նկարագրված են [26] գրքում, իսկ ԱՒՍԴ-1200-ի մասին ավելի մանրամասն տեղեկություններ կարելի է ստանալ [25] հոդվածից:

Երկրաչափական մեթոդով դոմերի չափման դեպքում չափվող գծի երկարությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով, որը բխում է (3.50) բանաձևից՝

$$D = N \cdot \frac{\lambda}{2} + \ell + K, \qquad (3.52)$$

որտեղ λ-ն տվյալ f հաճախության դեպքում մոդուլված ալիքի երկարությունն է,

N-ը կիսալիքների թիվն է, որոնք տեղավորվել են մոդուլարարի եւ անդրադարձնող հայելու միջեւ,

ℓ -ը մոդուլարարից մինչեւ մոդուլարարահն շարժող հարմարանքի՝ սանդղակի 0-ն, եղած հեռավորությունն է,

K-ն հեռաչափի հաստատունն է, որի օգնությամբ հաշվի են առնում մոդուլարարի սանդղակի զրոյից մինչեւ գործիքի պատվանդանի պտտման առանցքը եւ անդրադարձնող հայելուց մինչեւ անդրադարձիչի պատվանդանի պտտման առանցքը եղած հեռավորությունը:

AB հատվածը չափելու համար դրա մի ծայրում (A կետում) տեղակայում են գործիքը, իսկ մյուս ծայրում (B կետում)՝ անդրադարձիչը (նկ.3.51ա): Ուղղում են մոդուլարարից դուրս եկող ճառագայթը անդրադարձիչի հայելու վրա այնպես, որ անդրադառնալուց հետո դա անցնի դեմոդուլարարի եւ ազիմուտորի միջով եւ ընկնի ընդունիչի վիա: Արդյունքում գործիքի՝ միկրոամպերաչափի սլաքը կտեղաշարժվի n բաժանքով: Որպեսզի մոդուլարարի եւ անդրադարձիչի հայելու միջեւ տեղավորված լինի ամբողջ թվով $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ երկարությամբ հատվածներ, անհրաժեշտ է շարժել մոդուլարարը այնպես, որ միկրոամպերաչափի սլաքը կանգնի 0 գծիկի վրա: Դրանից հետո կարդում են մոդուլարարի սանդղակի վրա ℓ հաշվանքը:

Բանաձեւի (3.52) մեջ մտնում է N թիվը, որի հաշվարկելու համար գործիքի մեջ նախատեսված է ոչ թե մեկ f հաճախություն, այլ չորս կամ հինգ հաճախություններ: Այդպիսի գործիքները անվանում են հաստատված հաճախություն ունեցող գործիքներ:

ԱՒՍԴ-1200 գործիքի ճշտությունը գնահատվում է m միջին քառակուսային սխալով՝

$$m = 0{,}25 \text{ մմ} + D \cdot 10^{-6} \text{ մմ}, \qquad (3.53)$$

որտեղ D-ն չափվող գծի երկարությունն է միլիմետրերով:

Օրինակ՝ 1 կմ երկարություն ունեցող գիծը կարելի է չափել նման գործիքով $m = (0{,}25 + 1{,}0) = 1{,}25$ մմ սխալով:

Գերբարձր հաճախության վրա աշխատող լուսահեռաչափերը պատրաստվում են հատուկ, գերճշգրիտ գեոդեզիական աշխատանքներ կատարելու համար:

ԱՒՍԴ -1200 գործիքի գեներատորի հաճախությունը 1200 ՄՀց է:

Սովորական տեղագրական եւ ճարտարագիտական գեոդեզիական աշխատանքների համար արտադրվող հեռաչափերը ապահովում են 1սմ-ից 5սմ ճշտություն:

Վերջին տասնամյակներում արտադրվել են հաստատուն հաճախության վրա աշխատող հետեւյալ լուսահեռաչափերը. 2CM2, 3CM2, CT5, CM5 եւ այլն, որոնց օգնությամբ կարելի է չափել մինչեւ 5 կմ երկարության գծեր:

Բացի նկարագրված հաստատուն հաճախությունների վրա աշխատող լուսահեռաչափերից գոյություն ունեն նաեւ գործիքներ, որոնց աշխատանքային սխեման կառուցված է փոփոխական հաճախության օգտագործման վրա: Այդպիսի գործիքների մոդուլման հաճախությունը անընդհատ փոփոխում են մինչեւ ստացվի այն մեծությունը, որի դեպքում Δφ եւ ΔF մեծությունները հավասար լինեն 0-ի: Այս դեպքում (3.52) բանաձեւը կընդունի հետեւյալ տեսքը՝

$$D = \frac{v}{2f_1} \cdot N \qquad (3.54)$$

Պարզության համար K-ն հավասարեցվել է 0-ի: Այնուհետեւ շարունակում են փոփոխել հաճախությունը մինչեւ դա ընդունի f_2 արժեքը, որի դեպքում կրկնակի հեռավորության մեջ տեղավորված ալիքների քանակը կավելանա մեկով: Այս դեպքում՝

$$D = \frac{v}{2f_2}(N + 1) \qquad (3.55)$$

Շարունակելով հաճախության փոփոխումը՝ հաշվում են, թե քանի անգամ է մեկով ավելանում N թիվը, երբ հաճախությունը փոփոխվում է f_1-ից մինչեւ f_n արժեքը: Այս դեպքում կարելի է գրել՝

$$D = \frac{v}{2f_n}(N + n) \qquad (3.56)$$

Լուծելով միասին առաջին (3.54) եւ վերջին (3.56) հավասարումները, կարելի է գտնել N-ը՝

$$N = \frac{n \cdot f_1}{f_n - f_1}, \qquad (3.57)$$

որից հետո D-ն կորոշվի (3.56) բանաձեւով:

Նկարագրված ճանապարհը իրագործվել է, օրինակ, ՍԳ-3 գործիքը 30 ՄՀց հաճախության վրա եւ ամերիկյան "Տեռամետր" կոչվող գերճշգրիտ ռեֆրակտոմետրը (բեկումաչափ) 3000 ՄՀց հաճախության վրա:

Իմպուլսաֆազային լուսահեռաչափեր

Վերջին տասնամյակներում մշակված լուսահեռաչափերի մեջ որպես լույսի աղբյուր լայն կիրառում են ստացել կիսահաղորդչային ճառագայթիչները, որոնք ունեն փոքր չափեր եւ ծախսում են քիչ քանակության էլեկտրաէներգիա: Սակայն այդպիսի լույսի աղբյուրները, աշխատելով անընդհատ ռեժիմում, տալիս են ոչ հզոր ճառագայթում եւ չեն կարող ապահովել երկար գծերի չափումը:

Այդ դժվարությունը կարելի է հաղթահարել, կիրառելով կիսահաղորդչային իմպուլսային լազերներ, որոնք ունեն մեծ հզորություն: Սակայն այդ դեպքում լուսահեռաչափը պետք է աշխատի իմպուլսային ռեժիմում եւ չի կարող ապահովել բարձր ճշտություն: Նշված հակասությունները հնարավոր եղավ վերացնել, երբ ստեղծվեց իմպուլսաֆազային հետերոդինային լուսահեռաչափ, որը զուգակցում է ֆազային եւ իմպուլսային հեռաչափերի դրական կողմերը:

Այդպիսի գործիքների թվին է պատկանում նախկին Միությունում լայն կիրառում գտած CT5 ("ԵԼԵՍԿ") լուսահեռաչափը, որը CM-5 գործիքի կատարելագործված տեսակն է:

Ծածկագրի մեջ T տառը նշանակում է "топографический", այսինքն, գործիքը նախատեսված է տեղագրական աշխատանքների համար: Դրա օգնությամբ ստեղծվում են խտացման ցանցեր եւ կատարվում են տեղագրական հանույթներ (գլ.4):

Թիվ 5-ը ցույց է տալիս այն առավելագույն հեռավորությունը կիլոմետրերով, որը հնարավոր է չափել տվյալ հեռաչափով:

Չափման ճշտությունը մեկ նվագով գնահատվում է m միջին քառակուսային սխալով՝

$$m \le 10 \text{ մմ} + 5 \cdot 10^{-6} D, \qquad (3.58)$$

որտեղ D-ն չափվող գծի երկարությունն է միլիմետրերով:

Հեռաչափը կարող է օգտագործվել որպես ինքնուրույն գործիք եւ որպես կցան թեոդոլիտների համար:

Գործիքի զանգվածը պատվանդանի հետ միասին 4,5 կգ է, իսկ առանց պատվանդանի՝ 3,8 կգ: Լրակազմի մեջ մտնում են անդրադարձիչներ 1 պրիզմայից եւ 3 պրիզմայից բաղկացած, սնման աղբյուրը, լիցքավորող հարմարանքը եւ այլ օժանդակ մասեր:

Եթե չափվող հեռավորությունները մեծ են 3 կիլոմետրից, անդրադարձիչների թիվը ավելանում է մինչեւ 12 հատ՝ 4 կիլոմետրի եւ 18 հատ՝ 5 կիլոմետրի դեպքում:

Գործիքի օգտագործման կարգը նկարագրված է դրան կցվող հրահանգում:

Վերը նշված հեռաչափերն արտադրվել են Ռուսաստանի Ուրալի օպտիկամեխանիկական գործարանում: Ներկա ժամանակ այդ գործարանը արտադրում է երկու տիպի լազեռային հեռաչափեր. ԵԼՌ-2՝ մինչեւ 5 կմ հեռավորություններ չափելու համար եւ 2СТ10՝ մինչեւ 10 կմ երկարության գծերի չափման համար:

Գործիքների ճշտությունը գնահատվում է հետեւյալ միջին քառակոըսային սխալով՝

$$m=5 \text{ մմ}+3.10^{-6}D \text{ մմ}:$$

Գործիքի զանգվածը արկղի հետ միասին 8,5 կգ է: Պատրաստվում է արտադրության գլխադիր (կցաձ) հեռաչափ մինչեւ 1000 մ գծեր չափելու համար՝ 0,8-1,0 կգ զանգվածով:

Վերջին տարիներին Leica շվեյցարական ֆիրմայի կողմից մշակված եւ արտադրվում են նոր տիպի լուսահեռաչափեր: Այդ գործիքները ամենակատարելագործված ժամանակակից լուսահեռաչափերից են: Դրանք արտադրվում են որպես ինքնուրույն գործիքներ եւ որպես թեոդոլիտի վերեւի մասում դրա դիտակի հենարանների վրա, անհրաժեշտության դեպքում, ամրացվող օժանդակ գործիք (կցաձ):

Հատուկ թեոդոլիտների մեջ, որոնք կոչվում են էլեկտրոնային տախեոմետրեր, կոմպակտ լուսային հեռաչափերը կազմում են գործիքի մասերից մեկը՝ մշտապես մտնելով դրա կոնստրուկցիայի մեջ: Դրանք ամենակատարելագործված, բարձր ճշտություն ապահովող անկյունաչափական ու հեռավորություն չափող գործիքներն են [28]:

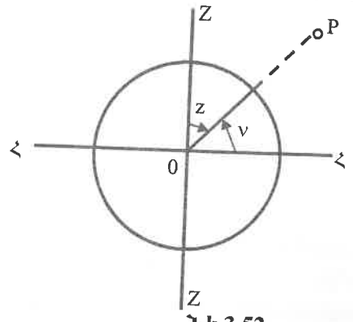
3.5.9 Թեոդոլիտի ուղղաձիգ շրջանը: Դրա կառուցվածքը եւ օգտագործումը

Ուղղաձիգ շրջանը ծառայում է թեքության եւ զենիթային անկյունների չափման համար:

Ինչպես գիտենք, թեքության անկյունը դիտոցային առանցքի (կամ տվյալ ուղղության) կազմված անկյունն է ν-ն հորիզոնական հարթության նկատմամբ: Դա կարող է լինել դրական (0°-ից մինչեւ 90°) եւ բացասական, կախված նրանից, թե վերեւ կամ ներքեւ է ուղղված դիտակը դրա պտտման առանցքով անցնող հորիզոնական հարթության նկատմամբ:

Զենիթային հեռավորություն Z է կոչվում դիտոցային առանցքով եւ գործիքի պտտման ուղղաձիգ առանցքով կազմված անկյունը, հաշված զենիթից (նկ.3.52): Դա միշտ դրական է եւ փոփոխվում է 0°-ից մինչեւ 180° տիրույթում: Նշված երկու անկյունների հանրահաշվական գումարը 90° է (α+Z=90°):

Թեքության ν անկյունների կամ զենիթային հեռավորությունների չափման անհրաժեշտությունը առաջանում է այն դեպքերում, երբ որոշում են գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաները եւ կետերի բազանցումները: Այդ անկյունների ճշգրիտ չափման համար ծառայում են գեոդեզիական գործիքների՝ թեոդոլիտների, տախեոմետրերի, կիպրեգելների ուղղաձիգ շրջանները:



Նկ.3.52

Թե՛ ժամանակակից օպտիկական թեոդոլիտների մեծ մասը՝ Т30, Т15, Т5, Т2 եւ թե՛ անցյալում արտադրված գործիքները՝ ТТ –50, ТТ-5, ТТ- П, ТМ-1, օժտված են ուղղաձիգ շրջաններով, որոնց լիմբը ամրացված է դիտակի հետ:

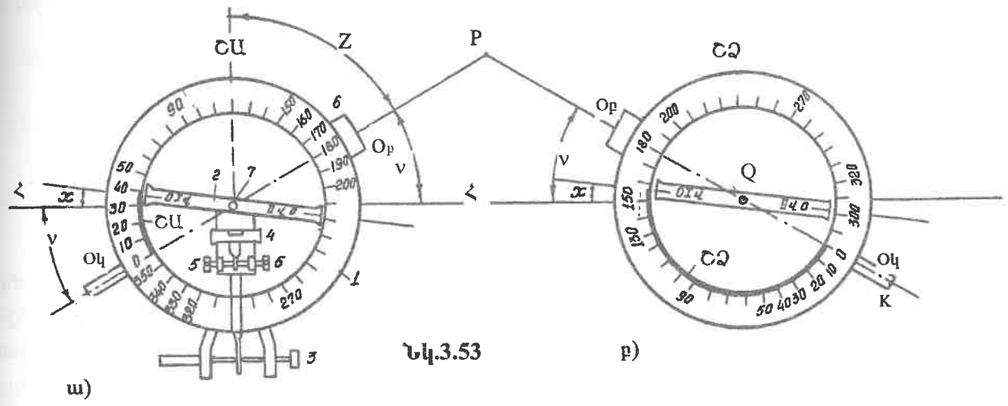
Այդպիսի շրջանի սխեման ներկայացված է գծագրի վրա (նկ.3.53): Դա վերաբերում է մետաղական լիմբեր ու ալիդադներ ունեցող գործիքներին, որոնք ունեն վերնիներներ եւ որոնց վրա ավելի պարզ է երեւում ուղղաձիգ անկյան չափման սկզբունքը:

Լիմբը 1 եւ դիտակը 6 ամրացված են միմյանց եւ կարող են պտտվել միասին հորիզոնական առանցքի 7 շուրջը: Ալիդադը 2 դիտակի պտտման ընթացքում մնում է անշարժ: Դա միայն որոշ սահմաններում կարող է պտտվել հատուկ մանրաչափական պտուտակի 3 օգնությամբ: Ալիդադի հետ միաժամանակ պտտվում է գլանաձեւ հարթաչափը 4: Հարթաչափը բացի այդ կարող է փոխել իր դիրքը ալիդադի նկատմամբ հատուկ ուղղիչ պտուտակների 5 օգնությամբ:

Ալիդադի վրա փորագրված են I եւ II վերնիերների գծիկները, որոնց 0-0 նիշերը միացնող գիծը անկյուն չափելու պահին պետք է գրավի տարածության մեջ ամեն անգամ նույն դիրքը, որը ապահովելու համար ծառայում է գլանաձեւ հարթաչափը 4:

Հաշվանքը կարդալուց առաջ անհրաժեշտ է գլանաձեւ հարթաչափի առանցքը բերել հորիզոնական դրության, այսինքն, բշտիկը բերել մեջտեղ մանրաչափական պտուտակի 3 օգնությամբ: Երկու վերնիերների առկայության դեպքում I վերնիերով գրանցում են աստիճանները եւ րոպեները, իսկ II-ով՝ միայն րոպեները:

Որոշ ժամանակակից գործիքներում գլանաձեւ հարթաչափը փոխարինված է ավտոմատ սարքով, որը կոչվում է կոմպենսատոր (փոխհատուցիչ): Այդ սարքի շնորհիվ թեոդոլիտի ուղղաձիգ շրջանի հաշվանք կարդալու հարմարանքը՝ ինդեքսը И (նկ.3.54), ինքն իրեն որոշակի դիրք է ընդունում, երբ գործիքի հիմնական առանցքը բերվում է ուղղաձիգ վիճակի: Ինչ խոսք, կոմպենսատորի առկայությունը հեշտացնում է անկյուն չափելու պրոցեսը: Դիտորդը ազատվում է ամեն անգամ հաշվանք կարդալուց առաջ հարթաչափի բշտիկը մեջտեղ բերելու անհրաժեշտությունից:



Նկ.3.53

Աստիճանային բաժանքները ուղղաձիգ շրջանի վրա բավական բազմատեսակ են լինում: Դրանք տարբերվում են բաժանքների, մակագրությունների աճման ուղղությամբ, ինչպես նաեւ դրանց նշաններով:

Այս հանգամանքը որոշ չափով խճճում է ուղղաձիգ անկյունների հաշվարկման բանաձեւերը, սակայն, ինչպես կտեսնենք, հնարավոր է պարզեցնել եւ ընդհանրացնել բանաձեւերը:

Գծագրի (նկ.3.53ա եւ 3.53բ) վրա լիմբի բաժանքները սկսվում են 0°-ից եւ աճում են ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ մինչեւ 360° (նկ.3.53ա-ի վրա): Լիմբը պատկերված է ուղղաձիգ շրջանը աջ դիրքում, այսինքն, դա գտնվում է օկուլյարի (ՕԿ) նկատմամբ աջից, երբ դիտակը ուղղված է Р կետին: Նկ.3.53բ-ի վրա ուղղաձիգ շրջանը օկուլյարի նկատմամբ ընդունել է ձախ դիրքը (շրջանը ձախից): Ենթադրվում է, որ թեոդոլիտի հիմնական առանցքը բերված է ուղղաձիգ վիճակի:

Գծագրից (նկ.3.52 եւ 3.53ա) երեւում է, որ թեքության անկյունը՝ ν-ն, չափելու համար դիտոցային КОբ առանցքը Р կետին ուղղելուց հետո անհրաժեշտ է գտնել երկու աղեղների տարբերությունը: Աղեղներից մեկը հաշվում են լիմբի զրո գծիկից մինչեւ ալիդադի I վերնիերի զրոն (ցույց է տրված հաստացված աղեղով) եւ անվանում են ՇԱ: Երկրորդ աղեղը ստանալու համար անհրաժեշտ է ենթադրել, որ դիտոցային (КОբ) առանցքը համատեղված է հորիզոնական ՀՀ հարթության հետ: Այս դեպքում լիմբի 0 գծիկի եւ վերնիերի 0 ինդեքսի միջեւ առաջացած աղեղը հավասար կլինի Х աղեղին: Այդ աղե-

Դիտարկենք նույնական դեպքերը: Գծագրի (նկ.3.54) վրա ցուցադրված է Т30 օպտիկական թեոդոլիտի սարքային սխեման: Գծագրում պատկերված են ուղղահայաց շրջանի կենտրոնը՝ Օ, ուղղահայաց առանցքի ուղիղ և շրջված պատկերները՝ Ի և Ի՛, հորիզոնական առանցքի պատկերները՝ Հ և Հ՛, ուղղահայաց շրջանի տրամագիծը՝ КО, ակնոցային կամրջակի ուղիղ և շրջված պատկերները՝ Р և Р՛, ինչպես նաև ակնոցային կամրջակի առանցքի ուղղությունը՝ ԱԱ՛: Ուղղահայաց շրջանի տրամագծի ուղղությունը՝ ԱՁ՝ ընդունված է որպես սկզբնական: Ուղղահայաց շրջանի ընթերցումները՝ ըստ ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղության, աճում են 0°-ից մինչև 360°: Հորիզոնական շրջանի ընթերցումները՝ ըստ ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղության, աճում են 0°-ից մինչև 360°: Ուղղահայաց շրջանի ընթերցումները՝ ըստ ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղության, աճում են 0°-ից մինչև 360°: Ուղղահայաց շրջանի ընթերցումները՝ ըստ ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղության, աճում են 0°-ից մինչև 360°:

Ուղղահայաց անկյունների հիմնական խնդիրները ուղղահայաց շրջանի ընթերցումների միջոցով հորիզոնական հարթությունից չափված անկյունների որոշումն է: Ուղղահայաց անկյունները լինում են երկու տեսակի՝ հակադիր նշաններով և միևնույն մեծությամբ: Ուղղահայաց անկյունները, որոնք ունեն դրական նշան, կոչվում են վերելակներ, իսկ որոնք ունեն բացասական նշան՝ իջեցումներ: Ուղղահայաց անկյունները նշանակվում են հունական ν տառով:

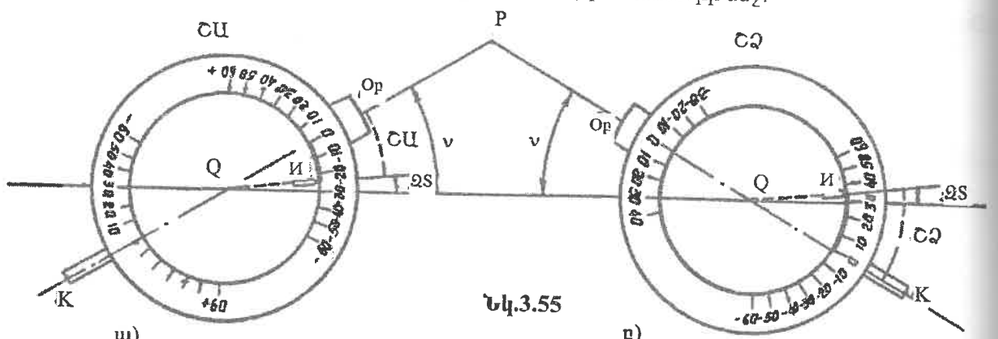
Ուղղահայաց անկյունները կարելի է որոշել տեսանկյունների միջոցով: Տեսանկյունները կոչվում են այն անկյունները, որոնք կազմված են հորիզոնական հարթությունից և տեսադաշտում գտնվող կետերի ուղղություններից: Տեսանկյունները նշանակվում են հունական β տառով: Տեսանկյունները որոշվում են հետևյալ կերպ՝ տեսանկյունների գումարից հանում են հորիզոնների միջև եղած անկյունը: Ստացված տարբերությունը բաժանում են 2-ի: Ստացված արդյունքը հանում են ուղղահայաց շրջանի ընթերցումից, որը համապատասխանում է ակնոցային կամրջակի առանցքի ուղղությանը: Ստացված տարբերությունը կոչվում է ուղղահայաց անկյան հաստատուն: Ուղղահայաց անկյունները որոշելու համար անհրաժեշտ է ունենալ ուղղահայաց շրջանի հաստատունը: Ուղղահայաց շրջանի հաստատունը կոչվում է այն անկյունը, որը կազմված է ուղղահայաց շրջանի ընթերցումների և ակնոցային կամրջակի առանցքի ուղղության միջև: Ուղղահայաց շրջանի հաստատունը նշանակվում է X տառով և հաշվարկվում է հետևյալ կերպ՝ ուղղահայաց շրջանի ընթերցումների գումարից հանում են 180°, եթե ընթերցումների գումարը մեծ է 180°-ից, և գումարում են 180°, եթե ընթերցումների գումարը փոքր է 180°-ից: Ստացված արդյունքը կոչվում է ուղղահայաց շրջանի հաստատուն: Ուղղահայաց շրջանի հաստատունը կարելի է որոշել նաև հետևյալ կերպ՝ ուղղահայաց շրջանի ընթերցումների գումարից հանում են 360°, եթե ընթերցումների գումարը մեծ է 360°-ից, և գումարում են 360°, եթե ընթերցումների գումարը փոքր է 360°-ից: Ստացված արդյունքը կոչվում է ուղղահայաց շրջանի հաստատուն: Ուղղահայաց շրջանի հաստատունը որոշելու համար անհրաժեշտ է ունենալ ուղղահայաց շրջանի հաստատունը: Ուղղահայաց շրջանի հաստատունը կոչվում է այն անկյունը, որը կազմված է ուղղահայաց շրջանի ընթերցումների և ակնոցային կամրջակի առանցքի ուղղության միջև: Ուղղահայաց շրջանի հաստատունը նշանակվում է X տառով և հաշվարկվում է հետևյալ կերպ՝ ուղղահայաց շրջանի ընթերցումների գումարից հանում են 180°, եթե ընթերցումների գումարը մեծ է 180°-ից, և գումարում են 180°, եթե ընթերցումների գումարը փոքր է 180

$$\nu = \frac{ЧЗ - ЧИ}{2} \qquad (3.69)$$

$$ЗS = \frac{ЧЗ + ЧИ}{2} \qquad (3.70)$$

Ինչպես տեսնում ենք, ստացվեցին ավելի պարզ բանաձեւեր, որոնց կիրառելու դեպքում անհրաժեշտություն չկա գումարել կամ հանել 180°: Այս բանաձեւերը կարելի է կիրառել նաեւ ուրիշ տեսքի բաժանքներ ունեցող շրջանների դեպքում, եթե դրանց համար հիմնական դիրքը համարվում է շրջանը ձախ դիրքը (3.63-3.66 բանաձեւերի փոխարեն): Սակայն դա հնարավոր է, եթե հաշվանքների նկատմամբ կատարվեն որոշ թվաբանական գործողություններ՝ ելնելով հետեւյալ պայմաններից.

1) եթե շրջանը աջ կամ շրջանը ձախ դիրքերում կարդացած հաշվանքները գտնվում են 90°-270° տիրույթում, անհրաժեշտ է հաշվանքից հանել 180° եւ ստացված արժեքը իր նշանով տեղադրել (3.67-3.70) բանաձեւերի մեջ;
2) եթե կարդացած հաշվանքը գտնվում է 270°-360° տիրույթի մեջ, անհրաժեշտ է հանել 360° եւ ստացված արժեքը իր նշանով տեղադրել (3.67-3.70) բանաձեւերի մեջ:



Նկ.3.55

Վերոհիշյալը վերաբերում է նաեւ այն գործիքներին, որոնց համար ուղղաձիգ շրջանի հիմնական դրությունը շրջանը աջ է: Այդ գործիքների համար ստացված բանաձեւերի մեջ (3.59-3.62) կարելի է չգրել 180°, եթե նախապես հաշվանքները բերվեն սուր անկյունների նկարագրված ձեւով:

Այսպիսով, բոլոր տիպի ուղղաձիգ շրջանների համար, որոնց լիմբը պտտվում է դիտակի հետ միասին, կունենանք հետեւյալ բանաձեւերը:

Ա. Ուղղաձիգ շրջանի հիմնական դիրքը ձախից գործիքների համար:
T30, 2T30, T30M
T15, 2T5 գործիքներ

I. $\nu = ЧЗ - ЗS$
II. $\nu = ЗS - ЧИ$ (3.71)
III. $\nu = \frac{ЧЗ - ЧИ}{2}$
IV. $ЗS = \frac{ЧЗ + ЧИ}{2}$

Բ. Ուղղաձիգ շրջանի հիմնական դիրքը աջից գործիքների համար:
T5 գործիք եւ մետաղական
լիմբեր ունեցող գործիքներ

V. $\nu = ЧИ - ЗS$
VI. $\nu = ЗS - ЧЗ$ (3.72)
VII. $\nu = \frac{ЧИ - ЧЗ}{2}$
VIII. $З = \frac{ЧИ + ЧЗ}{2}$

Այսպիսով, նախքան թեոդոլիտի ուղղաձիգ շրջանով օգտվելը անհրաժեշտ է պարզել, որն է դրա հիմնական դիրքը: Հիմնական է կոչվում ուղղաձիգ շրջանի այն դիրքը (ՉԱ կամ ՉՁ), որի դեպքում դրա դիտակը հորիզոնական դիրքից դեպի վերեւ շարժվելիս ուղղաձիգ շրջանի հաշվանքները աճում են 0°÷90°-ի սահմաններում:

Այն գործիքների համար (նկ.3.55), որոնց ուղղաձիգ շրջանի բաժանքները գտնվում են 0°÷90° տիրույթում, կարդացված հաշվանքները կներկայացնեն սուր անկյուններ, եւ այդ հաշվանքները պետք է տեղադրվեն իրենց նշաններով (I-IV) բանաձեւերի մեջ, օրինակ, 2T30, T15 գործիքների դեպքում: Մինչդեռ որոշ գործիքների մոտ (T30, T30M, T5K) հաշվանքները կարող են լինել 0°-ից մինչեւ 360°-ի սահմաններում: Այդ դեպքում ուղղաձիգ շրջանի վրա կարդացված հաշվանքները պետք է բերել սուր անկյան տեսքի եւ ստացված արժեքները իրենց նշաններով տեղադրել I-IV կամ V-VIII բանաձեւերում՝ կախված ուղղաձիգ շրջանի հիմնական դիրքից:

Ամփոփենք հաշվանքների սուր անկյան բերելու կանոնները:

ա) Երբ հաշվանքը <90°-ից, ապա այն թողնում են անփոփոխ:

բ) Երբ հաշվանքը 90°-ից մինչեւ 270°-ի տիրույթում է, ապա դրանից հանում են 180°:

գ) Եթե հաշվանքը 270°-ից 360°-ի սահմաններում է, ապա դրանից հանում են 360°:

III եւ VII բանաձեւերից օգտվում են պատասխանատու չափումների դեպքում: Սակայն այդ դեպքում միեւնույն կետին դիտակը պետք է ուղղել 2 անգամ՝ ՉՁ եւ ՉԱ դիրքով: Արագ չափումների կատարման անհրաժեշտության դեպքերում օգտվում են I կամ VI բանաձեւից եւ դիտակն ուղղում են կետին միայն ՉՁ դրությամբ: Սակայն դրա համար նախապես անհրաժեշտ է ունենալ ՁՏ-ի արժեքը: Ուրիշ խոսքով, եթե հնարավոր լիներ դիտոցային առանցքը եւ հարթաչափի առանցքը դարձնել միմյանց զուգահեռ, ապա հաշվանքը կդառնար հավասար ՁՏ-ի ուղղաձիգ շրջանի հիմնական դիրքում:

Զրոյի տեղի որոշումը

Այժմ կարող ենք բնորոշել զրոյի տեղը ավելի ճշգրիտ: Ուղղաձիգ շրջանի զրոյի տեղ է կոչվում շրջանի հիմնական դիրքում կարդացված այն հաշվանքը, որի դեպքում դիտակի դիտոցային առանցքը հորիզոնական դիրքում է եւ, միաժամանակ , գլանաձեւ հարթաչափի բշտիկը զրո կետում է:

Զրոյի տեղը կարող է լինել 0°-ին կամ 360°-ին մոտ հաշվանքը, դա կախված է լիմբի բաժանքների տեսքից: Եթե ՁՏ ստացվի 270°÷360° տիրույթում (լինի 360°-ին մոտ), հարկավոր է նախապես հանել դրանից 360°(վերածել սուր անկյան) եւ ստացված բացասական արժեքը տեղադրել I, II կամ V, VI բանաձեւերի մեջ:

Գործնականում զրոյի տեղը որոշելու համար վարվում են հետեւյալ կերպ: Թեոդոլիտը ամրացնում են կալանի վրա եւ բերում են աշխատանքային դրության: Դիտակը ուղղում են լավ երեւացող անշարժ կետին, ուղղաձիգ շրջանի հարթաչափի բշտիկը բերում են մեջտեղ, այնուհետեւ կարդում են հաշվանքը, օրինակ, շրջանը ձախ դիրքում՝ ՉՁ=15°26': Այնուհետեւ դիտակը ուղղում են նույն կետին շրջանը աջ դիրքում: Ստուգելով հարթաչափի բշտիկի դիրքը, ճշտում են այն եւ կատարում են հաշվանք ուղղաձիգ շրջանի երկրորդ դիրքում՝ ՉԱ=-15°34':

Հաշվանքներից երեւում է, որ լիմբի վրա բաժանքները համապատասխանում են նկ.3.55-ի վրա բերված օրինակին, երբ ուղղաձիգ շրջանի հիմնական դիրքը ձախ դիրքն է: Ուստի համաձայն I-IV բանաձեւերի կարող ենք գրել՝

$$ЗS = \frac{ЧЗ + ЧИ}{2} = \frac{15°26' - 15°34'}{2} = -04'$$

$$\nu = \frac{ЧЗ - ЧИ}{2} = \frac{15°26' - (-15°34')}{2} = 15°30'$$

$$\nu = ЧЗ - ЗS = 15°26' - (-04') = 15°30'$$

$$\nu = ЗS - ЧИ = -04' - (-15°34') = 15°30'$$

Եթե զրոյի տեղը չի գերազանցում 0,5'-1', ապա հանդուրժում են դրա առկայությունը: Եթե այն մեծ է 1'-ից, ինչպես մեր օրինակում, ապա ուղղաձիգ շրջանով օգտվելուց առաջ վերացնում են այն (համապատասխան սարեցնում զրոյի), կամ փոքրացնում են մինչեւ թույլատրելի սահմանը: Թեքության անկյունը կարելի է չափել առանց զրոյի տեղը վերացնելու՝ միշտ օգտվելով III կամ VII բանաձեւերից: Սակայն դա նշանակում է, որ յուրաքանչյուր անգամ կարիք կլինի դիտոցային առանցքը ուղղել դիտարկվող կետին եւ շրջանը ձախ, եւ՛ շրջանը աջ դիրքում: Դա, ինչպես ասվել է, անհրաժեշտ է ճշգրիտ չափումների դեպքում: Ավելի ձեռնտու է յուրաքանչյուր օր, աշխատանքը սկսելուց առաջ մեկ անգամ վերացնել զրոյի տեղը եւ դրանից հետո կատարել թեքության անկյունների չափումը ուղղաձիգ շրջանի միայն մեկ դիրքով:

Զրոյի տեղի վերացումը

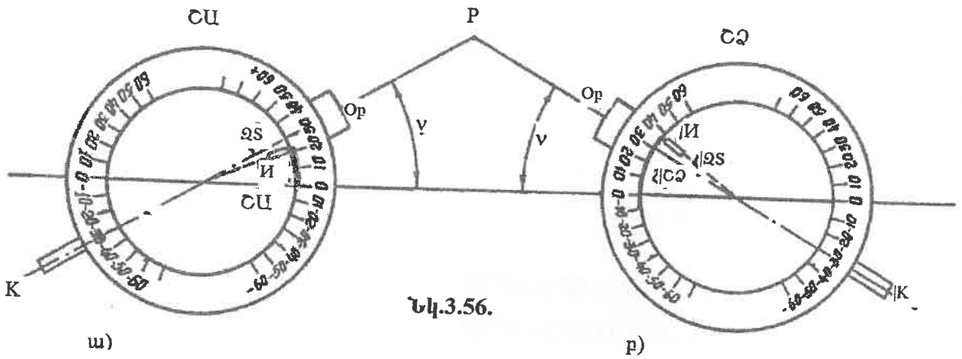
Դիտարկվող օրինակում զրոյի տեղը ստացվել է -04', եւ անհրաժեշտ է այն վերացնել: Քանի որ թեքության անկյան ճիշտ արժեքը ստացվել է ν=15°30', իսկ ուղղաձիգ շրջանի հիմնական դիրքը ձախն է, ապա նշանակում է, որ դիտոցային առանցքը շրջանը ձախ դիրքում ուղղված է P կետին, իսկ զրոյի տեղը վերացնելուց հետո այդ հաշվանքը պետք է հավասար լինի 15°30': Օրինակում հաշվանքը 15°26' է, ուստի անհրաժեշտ է այն ավելացնել 4'-ով: Դա արվում է հարթաչափի մանրաչափակաև պտուտակի 3 (նկ.3.53) օգնությամբ: Այդ գործողությունը կատարելու ընթացքում հարթաչափի բշտիկը կտեղաշարժվի ճիշտ դրությունից՝ մեջտեղից: Բշտիկը մեջտեղ վերադարձնելու համար անհրաժեշտ է թուլացնել ուղղիչ պտուտակներից 5 մեկը եւ ամրացնել մյուսը: Նկարագրված գործողությունները ավարտելուց հետո անհրաժեշտ է ստուգման համար նորից որոշել զրոյի տեղը:

Կան գործիքներ, որոնց ուղղաձիգ շրջանը ամրացված չէ դիտակին եւ թեքության անկյունների չափման ընթացքում մնում է անշարժ: Հաշվանքը կատարում են դիտակի հետ միաժամանակ պտտվող ինդեքսի օգնությամբ (նկ.3.56): Այդպիսի գործիքները դասում են շրջանը ձախ հիմնական դիրք ունեցող գործիքների թվին եւ կիրառվում են I-IV բանաձեւերը:

3.6 Թեոդոլիտների տեսակները

Թեոդոլիտները տարբերվում են իրենց ճշտությամբ եւ կառուցվածքի յուրահատկություններով: Թեոդոլիտների ճշտությունը որոշվում է մեկ լրիվ նվագով անկյան չափման միջին քառակուսային սխալով՝ m_β-ով, լաբորատոր պայմաններում:

Ռուսաստանում արտադրվող թեոդոլիտների ծածկագիրը բաղկացած է T տառից եւ թվից, որը ցույց է տալիս անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը վայրկյաններով: Թողարկվում են հետեւյալ տիպի թեոդոլիտները՝ TO5, T1, T2, T5, T15, T30, T60 եւ դրանց վերափոխված տեսակները: Օրինակ՝ T15M-ը եւ T30M-ը օգտագործում են մարկշեյդերական աշխատանքների համար: T5K, T15K եւ T30K թեոդոլիտների ուղղաձիգ շրջանները չունեն գլանաձեւ հարթաչափ, այն փոխարինված է փոխհատուցիչ (կոմպենսատոր) կոչվող սարքով, դրանց ծածկագիրը ունի K տառը: T15KΠ, T60Π եւ T5KΠ թեոդոլիտների դիտակները տալիս են ուղիղ պատկեր, դրանց ծածկագրի վերջում ավելացված է Π տառը:



Նկ.3.56.

ա) բ)

Նշված թեոդոլիտների կատարելագործված մոդելների համար ծածկագրի սկզբում ավելացվում է լրացուցիչ թիվ, որը ցույց է տալիս հերթական արտադրատեսակի համարը, օրինակ, 2T2, 2T5, 2T15, 2T30:

Վերջին տարիներին Ռուսաստանում Ուրալի օպտիկամեխանիկական գործարանը արտադրում է 3T2KΠ, 3T5KΠ, 3T2KA (ավտոկալիմացիոն) եւ 4T30Π թեոդոլիտները, որոնց տեխնիկական ցուցանիշները բերված են աղյուսակում (3.3):

Նշված թեոդոլիտները ընդունված է ենթաբաժանել բարձր ճշտության գործիքների, որոնց համար $m_\beta \le 1"$ (T1 եւ T05), ճշգրիտ գործիքների՝ $m_\beta \le 10"$(T2, T5) եւ տեխնիկական թեոդոլիտների՝ $m_\beta > 10"$ (T15, T30, T60):

Թեոդոլիտների դիտակները ունեն օպտիկական նշանոցներ (բացի T60 թեոդոլիտից), իսկ դրանց ցանցաթելերը՝ հեռաչափական թելիկներ: Հեռաչափի գործակիցը հավասար է լինում 100±5%-ի:

Ժամանակակից թեոդոլիտները ճշգրիտ օպտիկական սարքեր են, դրանց շրջանները եւ հաշվանքները կարդալու սարքերը պատրաստվում են օպտիկական ապակուց: Որպես օրենք, հաշվանքները հորիզոնական եւ ուղղաձիգ շրջանների վրա կարդացվում են միեւնույն մանրադիտակով, որը գտնվում է դիտակի օկուլյարի մոտ: Ճշգրիտ թեոդոլիտների համար օգտագործում են սանդղակային մանրադիտակներ, իսկ տեխնիկական թեոդոլիտների մեջ՝ գծիկային (§ 3.5.3):

Օպտիկական կենտրոնադրիչները T1, T2, T5 եւ T15 թեոդոլիտների վրա տեղադրված են ներսում: T30 եւ T60 թեոդոլիտների համար թույլատրվում է կենտրոնադրումը կատարել դիտակի միջոցով՝ օգտագործելով գործիքի ուղղաձիգ առանցքի սնամեջ տարածությունը:

Գործիքների ուղղաձիգ շրջանները ունեն գլանաձեւ հարթաչափեր, որոնց բաժանքի գինն է T1 թեոդոլիտի համար՝ 10", T2-ի՝ 15", T5-ի՝ 30", T15-ի՝ 45", T30 եւ T60-ի՝ 60":

Թեոդոլիտների մեծ մասի ամրացնող եւ մանրաչափական պտուտակները հարմարության նպատակով տեղավորված են միեւնույն առանցքի վրա: Դիտակները միմյանցից չեն տարբերվում, սակայն ունեն որոշ յուրահատկություններ: T30, T15, T15K, T5K գործիքների դիտակների ֆոկուսացնող պտուտակները (կրեմալիերները) դուրս են բերված դիտակի կողային մակերեւույթի վրա, մյուս գործիքներում՝ T5, T2, 2T2, 2T5K, ֆոկուսացումը կատարվում է օղակաձեւ հարմարանքի օգնությամբ: 2T2, 2T5K, 2T5 թեոդոլիտների դիտակները տարբերվում են մյուս գործիքների դիտակներից նրանով, որ դրանց ցանցաթելերը տեղակայված են անշարժ:

Դա ապահովում է դիտոցային առանցքի ավելի կայուն դրությունը: Քանի որ ցանցաթելերը անշարժ են, կոլիմացիոն սխալը, դրա առկայության դեպքում, վերացնելու համար պտտում են ամբողջ դիտակը, փոփոխելով դրա դիրքը հորիզոնական առանցքի նկատմամբ:

Ըստ իրենց կառուցվածքի թեոդոլիտները բաժանվում են կրկնողական եւ պարզ թեոդոլիտների (§ 3.5.2): Կրկնողական են T5, T30, 2T30 գործիքների կառուցվածքները:

Թեոդոլիտը, որն ունի ուղղաձիգ շրջան, թելային կամ լուսային հեռաչափ, բուսոլի ամրացման հարմարանք, անվանում են թեոդոլիտ-տախեոմետր:

Նախկինում Սովոտական Միությունում արտադրվում էին մետաղական լիմբերով TT-50, TT-5, TT-4, TM-1 եւ ուրիշ մակնիշների թեոդոլիտներ, որոնք դեռ հանդիպում են արտադրությունում:

Աղյուսակ 3.3

բնութագրերը	ճշգրիտ թեոդոլիտներ				
	3T5KΠ	2T5KΠ	2T5K	2T5	T5
1	2	3	4	5	6
	տեսողության դիտակներ				
խոշորացումը, անգամ	30	27,5	27,5	27,5	25
տեսողության դաշտը	1°30'	1°30'	1°30'	1°30'	1°30'
օբյեկտիվի ֆոկուսային հեռավորությունը, մմ	239	219	219	219	250
լիմբի տրամագիծը, մմ	90	90; 70	95; 70	90; 70	90; 70
լիմբի բաժանքի գինը	1°	1°	1°	1°	1°
մանրադիտակի խոշորացում, անգամ	70	76; 73	70	71; 67	65
սանդղակի բաժանքի գինը, րոպե	1	1	1	1	1

1	2	3	4	5	6
հաշվանք կարդալու ճշտություն, րոպե	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	հարթաչափեր				
գլանաձեւ հարթաչափի բաժանքի գիծը հորիզոնական (ուղղածիգ) շրջանի ալիդադի վրա, վայրկյան	30	30	30	30/15	45/15
	5	10	10		
	կոմպենսատոր				
ազդման տիրույթը, րոպե	±4	±3,5	±3,5		
կոմպենսացման ճշտությունը, վայրկյան	±2	±2	±2		
	օպտիկական կենտրոնադրիչ				
խոշորացումը, անգամ	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
թեոդոլիտի զանգվածը, կգ	4	4,2	4,2	4,4	3,5

Աղյուսակ 3.3 շարունակություն

Բնութագրերը	Ճշգրիտ թեոդոլիտներ					Գծիկային
	T15	T15K	4T30П	2T30П	2T30	T30
	7	8	9	10	11	12
	տեսողության դիտակներ					
խոշորացումը, անգամ	25	25	20	20	20	20
տեսողության դաշտը	1°30'	1°30'	2°	2°	2°	2°
օբյեկտիվի ֆոկուսային հեռավորությունը, մմ	200	157	157	157	157	157
լիմբի տրամագիծը, մմ	76;72	76;72	70	70	70	72
լիմբի բաժանքի գինը	1°	1°	1°	1°	1°	10'
մանրադիտակի խոշորացում, անգամ	72	72	72	18	18	18
սանդղակի բաժանքի գինը, րոպե	1	1	5	5	5	
հաշվանք կարդալու ճշտություն, րոպե	0,1	0,1	0,5	0,5	0,5	1
	հարթաչափեր					
գլանաձեւ հարթաչափի բաժանքի գիծը հորիզոնական (ուղղածիգ) շրջանի ալիդադի վրա, վայրկյան	45/30	45	45	45	45	45
	կոմպենսատոր					
ազդման տիրույթը,րոպ		±3,5				
կոմպենսացման ճշտությունը, վայրկյան		±2				
	օպտիկական կենտրոնադրիչ					
խոշորացումը, անգամ	2,5	2,5				
թեոդոլիտի զանգվածը,կգ	3	3	3,5	2,3	2,3	2,2

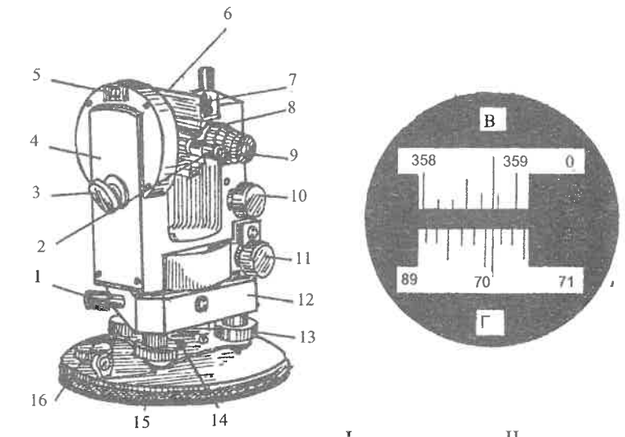
Մինչեւ վերջին ժամանակները լայն տարածված էր ТТ-5 թեոդոլիտ-տախեոմետրը, որի մեջ հաշվանք կարդալու համար ծառայում է §3.5.3-ում նկարագրված վերնիները: Անհրաժեշտ է նշել, որ մինչեւ այսօր էլ արտասահմանյան ֆիրմաները "Նիպպոն"(Ճապոնիա), "Օտտո ֆեննել"(ԳՖՀ), "Ֆիլեխնիկա" (Իտալիա), "Leica" (Շվեյցարիա) եւ այլն, օպտիկական թեոդոլիտների հետ մեկտեղ արտադրում են վերնիներով օժտված թեոդոլիտներ:

Տեխնիկական թեոդոլիտներ

Այդ գործիքները սովորաբար ունենում են փոքր չափեր, թեթեւ են եւ հարմար են օգտագործման համար: Դրանց հորիզոնական եւ ուղղածիգ լիմբերի տրամագծերը լինում են (50-80) մմ, դիտակի խոշորացումը՝ (17-25)^{x}: Քանի որ այդպիսի գործիքների ճշտությունը համեմատաբար ցածր է (60"-30"), դրանց հաշվանք կարդալու սարքերը ունեն պարզ կառուցվածք: Դրանք օգտագործվում են ճարտարագիտական գծային հետազննումների ժամանակ, հանույթային ցանցեր ստեղծելիս եւ հանույթներ կատարելիս, շինարարության ժամանակ կետերի նշահարումները կատարելու համար եւ այլն:

Գծագրի վրա (նկ.3.17) ցույց է տրված T30 տեխնիկական թեոդոլիտի կտրվածքի սխեման, իսկ նկարների վրա (նկ.3.57ա,բ)՝ դրա ընդհանուր տեսքը:

Ինչպես երեւում է սխեմայից, լիմբի սնամեջ առանցքի մեջ մտնում եւ պտտվում է ալիդադի առանցքը (տես նկ.3.21բ): Եվ՛ լիմբը, եւ՛ ալիդադը ունեն ամրացնող եւ մանրաչափական պտուտակներ: Ալիդադը կարող է ամրացվել լիմբին եւ պտտվել դրա հետ միասին, ուստի այդ գործիքով կարելի է չափել հորիզոնական անկյունները կրկնումների եղանակով:



Նկ. 3.57ա, բ

ա) 1- հորիզոնական շրջանի մանրաչափական պտուտակը, 2-մանրադիտակի օկուլյարը, 3-հայելի, 4-կափարիչ, 5-բուսոլի ամրացման ակոսը, 6-դիտակի վրա ամրացված գլանաձեւ հարթաչափը, 7-հարթաչափի ուղղիչ պտուտակները, 8-թասակ, 9-դիտակի օկուլյարը, 10-դիտակի մանրաչափական պտուտակը, 12-պատվանդան, 13-բարձրացնող պտուտակ, 14-վոռան, 15-գործիքի պատյանի հիմքը, 16-կափարիչ:

բ) 1-կրեմալիեր, 2-դիտակի ամրացնող պտուտակ, 3-դիտոց, 4-սյունակ, 5-պատվանդանի ամրացնոց պտուտակ, 6-հարթաչափի ուղղիչ պտուտակներ, 7-կափարիչ, 8-ալիդադի մանրաչափական պտուտակ, 9-գլանաձեւ հարթաչափ , 10-ուղղածիգ շրջան:

Ալիդադի առանցքը նույնպես սնամեջ է, դա հնարավորություն է տալիս գործիքի կենտրոնադրումը կատարել ոչ միայն ուղղալարի, այլ նաեւ գործիքի դիտակի օգնությամբ: Այդ նպատակով դիտակը պտտում են այնքան, մինչեւ ուղղածիգ շրջանի վրա հաշվանքը հավասար լինի 270°-ի: Կենտրոնադրումը հեշտացնելու համար դիտակի օկուլյարի եւ մանրադիտակի վրա գլխադիր է հագցվում: Կենտրոնադրման համար թեոդոլիտը շարժում են կալանի գլխիկի վրա այնպես, որ դիտակի ցանցաթելերի կենտրոնը համընկնի կետի պատկերի հետ: Միեւնույն ժամանակ հորիզոնական շրջանի գլանաձեւ հարթաչափի բշտիկը պետք է գտնվի մեջտեղում: Այդ հարթաչափը ամրացված է այնպես, որ դրա առանցքը զուգահեռ լինի կոլիմացիոն հարթությանը: Ուղղածիգ շրջանի հիմնական դիրքը համապատասխանում է ձախ դրությանը, այդ շրջանը գլանաձեւ հարթաչափ չունի: Հաշվանք կատարելու պահին հորիզոնական շրջանի հարթաչափի բշտիկը պետք է բերվի բարձրացնող պտուտակների օգնությամբ զրո կետ: Զրոյի տեղի վերացումը կատարվում է ցանցաթելերի շարժման միջոցով ուղղածիգ ուղղությամբ:

Դիտակի վրա ամրացված են երկու օպտիկական նշանագծեր: Դրանցից մեկը կարելի է փոխարինել գլանաձեւ հարթաչափով այն դեպքում, երբ անհրաժեշտություն առաջանա թեոդոլիտը օգտագործել որպես մակարդակաչափ: Գործիքի պատվանդանը ամրացված է կափարիչի հատակի հետ: Դա հնարավորություն է ստեղծում փակել գործիքը կափարիչով առանց կալանից իջեցնելու:

Նկարագրված T30 թեոդոլիտի կատարելագործված մոդելը 2T30Պ թեոդոլիտն է, որը տարբերվում է իր նախորդից նրանով, որ ուղղածիգ շրջանի բաժանքները արված են ոչ թե 0°-ից 360°, այլ սեկտորային են՝ 0°-ից 75° եւ 0°-ից -75°(նկ.3.55):

Այդպիսի բաժանքները հեշտացնում են հաշվարկները:

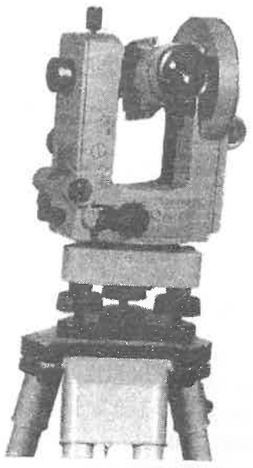
Ուղղածիգ շրջանի բանաձեւերն են՝

$$\nu = \frac{ՇՁ - ՇԱ}{2}, \qquad ԶՏ = \frac{ՇՁ + ՇԱ}{2}, \qquad (3.73)$$

$$\nu = ՇՁ - ԶՏ, \qquad \nu = ԶՏ - ՇԱ \qquad (3.74)$$

2T30Պ արտադրատեսակը ավելի կատարելագործված է եւ 1997 թվականից արտադրվում է 4T30Պ ծածկագրի տակ: Դա տարբերվում է կատարելագործված դիզայնով, անջատվող պատվանդանով (տրեգերով), փոփոխված օպտիկական սխեմայով, ուրիշ կոնստրուկտիվ փոփոխություններով: Թեոդոլիտը արտադրվում է 360° եւ 400 գոն տարբերակներով: Ներկայումս այդ մոդելը վաճառվում է Եվրոպայի երկրներում եւ սկսվում է վաճառվել Ամերիկայում:

Նկարի վրա (նկ.3.57գ) ցույց է տրված 4T30Պ թեոդոլիտի ընդհանուր տեսքը:



Նկ.3.57 գ

T-15 թեոդոլիտը

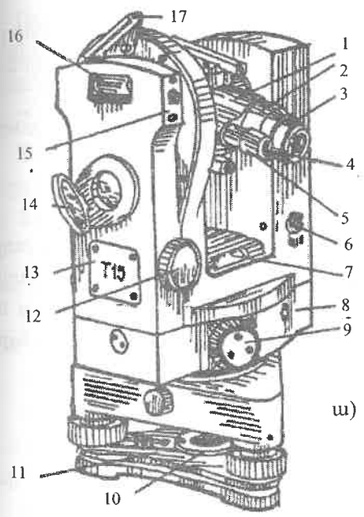
Տեխնիկական թեոդոլիտների շարքին է պատկանում T-15 թեոդոլիտը: Դա ունի հետեւյալ հիմնական առանձնահատկությունները: Ուղղածիգ առանցքի համակարգը կրկնողական չէ, դա կառուցված է ըստ գծագրի վրա բերված սխեմայի (նկ.3.21գ):

Լիմբը անկախ ալիդադից կարող է պտտվել պատվանդանի նկատմամբ: Պտույտը իրագործվում է հատուկ բռնակով 9 (նկ.3.58ա), որը կապակցվում է լիմբի հետ ատամնանիվի օգնությամբ: Կապակցումը իրականացնելու համար անհրաժեշտ է սեղմել բռնակը դրա առանցքի ուղղությամբ:

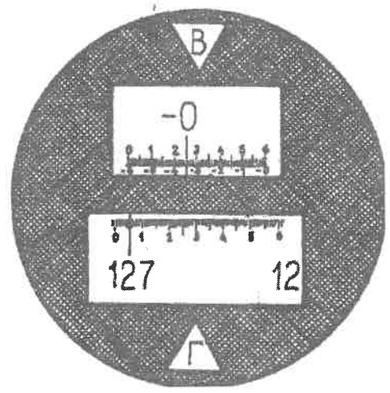
Այսպիսով, T15 թեոդոլիտը չունի լիմբի մանրաչափական եւ ամրացման պտուտակներ:

Դիտակի հորիզոնական առանցքը տեղավորված է հենարանների վրա ապակենտրոն, լագեռնեռի օգնությամբ (նկ.3.23) այնպես, որ դա ողղահայաց լինի գործիքի հիմնական առանցքին: Այդ ուղղահայացությունը ապահովելու համար կան հատուկ ուղղիչ պտուտակներ, որոնց օգնությամբ անհրաժեշտության դեպքում դիտակի պտտման առանցքը կարող է որոշ սահմաններում տեղաշարժվել ուղղածիգ առանցքի նկատմամբ:

Ալիդադի ամրացնող պտուտակը (հրահանը) 9 (նկ.3.58գ) իր մանրաչափական պտուտակի 10 հետ միասին գտնվում է սյունակի 13 ներքեւի մասում: Դրանից վերեւ գտնվում է դիտակի ամրացնող 11 եւ մանրաչափական 12 պտուտակները: Դա հարմար է այն տեսակետից, որ դիտակը ըստ ազիմուտի ուղղելուց հետո ձեռքի փոքր շարժումով անցնում են դիտակի ուղղմանը ուղղածիգ հարթության մեջ:



ա)



բ)

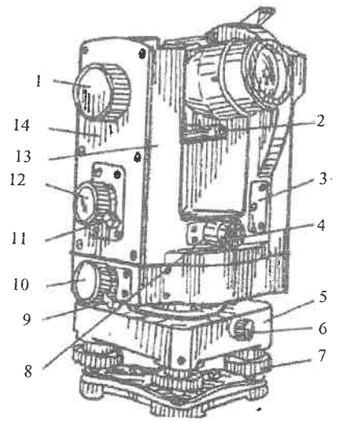
Г 127°06,5′
B –0°34′

T15 թեոդոլիտի տեսքը:
Նկ.3.58 ա, բ

1-դիտակ, 2-թասակ, 3-դիտակի օկուլյարը, 4-մանրադիտակի օկուլյարը, 5-մանրադիտակ, 6-հորիզոնական շրջանի ալիդադի հարթաչափի ուղղիչ պտուտակը, 7-հորիզոնական շրջանի ալիդադի հարթաչափը, 8-պատյանի ներքեւի մասը, 9-բռնակ, 10-վռան, 11-տրեգեր, 12-ուղղածիգ շրջանի հարթաչափի մանրաչափական պտուտակը, 13,15-կափարիչներ, 14,17-հայելիներ, 16-պատուհան:

Ուղղածիգ շրջանի հարթաչափի բշտիկը դիտում են՝ նայելով հայելու 17 մեջ (նկ.3.58ա), լուսավորման համար ծառայում է պատուհանը 16: Հարթաչափի բշտիկը մեջտեղ է բերվում պտուտակի 12 օգնությամբ: Հարթաչափի ուղղիչ պտուտակները ծածկված են կափարիչով 13: T-15 թեոդոլիտը ունի օպտիկական կենտրոնադրիչ, նկարի վրա (նկ.3.58գ) ցույց է տրված դրա օկուլյարը 4: Թեոդոլիտը ամրացվում է պատվանդանի 5 մեջ պտուտակի 6 օգնությամբ եւ կարող է անջատվել պատվանդանից: Դա հնարավորություն է ստեղծում անկյունները չափելիս կիրառել երեք կալանների մեթոդը:

Մանրադիտակի 5 (նկ.3.58ա) տեսողության դաշտի մեջ հորիզոնական եւ ուղղածիգ շրջանների գծիկները նշանակված են Г եւ B տառերով (նկ.3.58բ): Շրջանները բաժանված են 1°-ոց աղեղների, եւ յուրաքանչյուր գծիկը համարակալված է խոշոր թվերով: Վերեւի եւ ներքեւի մասերում կիսադաշտի սահմաններում կան երկու սանդղակներ (ցուցանակներ), որոնք պարունակում են 60 հիմնական եւ 2 լրացուցիչ բաժանքներ: Ցուցանակների յուրաքանչյուր բաժանքի գինը 1′ է:



Նկ.3.58 գ

Հաշվանք կարդալու ճշտությունը մոտավորապես 0,1' է (6"): Նկարի վրա հորիզոնական շրջանի հաշվանքը հավասար է 127°06,5', իսկ ուղղածիգ շրջանի վրա՝ մինուս 0°34' (տես § 3.5.3):

Ուղղածիգ շրջանի բանաձեւերը համապատասխանում են 2T30 գործիքի բանաձեւերին՝

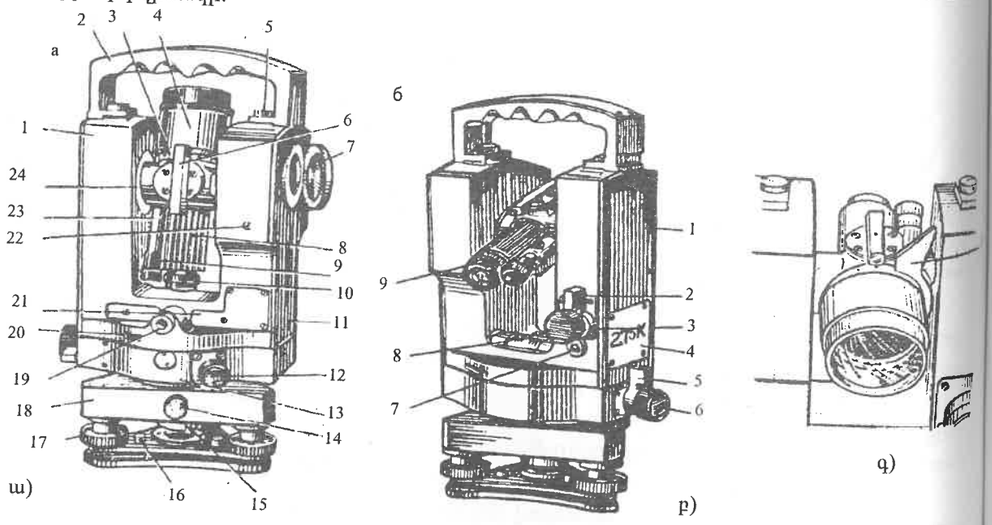
$$\nu = \frac{ՇՁ - ՇԱ}{2} \qquad ՁՏ = \frac{ՇՁ + ՇԱ}{2} \qquad \nu = ՇՁ - ՁՏ = ՁՏ - ՇԱ$$

Տեխնիկական T15ԿՊ թեոդոլիտը տարբերվում է T15 թեոդոլիտից հիմնականում ուղղածիգ շրջանի կառուցվածքով, որը չունի գլանաձեւ հարթաչափ: Դրա փոխարեն օգտագործված է կոմպենսատոր սարքը, որի ճշտությունը 1"-2" է:

Որոշ չափով կատարելագործված է գործիքի դիտակը, դա տալիս է ուղիղ պատկեր (ի տարբերություն T15-ի):

Ճշգրիտ T5, 2T5, 2T5K թեոդոլիտներ

Գծագրի վրա (3.59ա,բ) ցույց է տրված 2T5K թեոդոլիտի ընդհանուր տեսքը: Գործիքի ուղղածիգ առանցքների համակարգը ոչ կրկնողական է: Ուղղածիգ շրջանը գլանաձեւ հարթաչափի փոխարեն ունի ճոճանակային փոխհատուցիչ, որի օգնությամբ ուղղածիգ շրջանի հաշվանք կարդալու համար ծառայող ինդեքսը՝ Ի-ն, ինքնըստինքյան ընդունում է միեւնույն դիրքը, երբ հիմնական առանցքը բերվում է ուղղածիգ վիճակի:



Նկ.3.59 ա, բ, գ

Դիտակը 4 (նկ.3.59ա) օժտված է երկու կողմից նշանոցներով 6, դիտակի վրա գտնվում է օղակ 3, որի օգնությամբ վերացվում է դիտակի կոլիմացիոն սխալը: Ուղղումը ըստ առարկայի իրագործվում է կեմալիների 8 օգնությամբ, ցանցաթելերը պարզեցնելու համար պտտում են օկուլյարի 10 օղակը:

Հորիզոնական շրջանի վրա անհրաժեշտ հաշվանքը նախապես ստանալու համար ծառայում է պատուհանը 20, շրջանի պտույտը իրականացվում է բռնակով 12, որը տեղավորված է կորպուսի 13 ներքեւի մասում: Բռնակը պտտելուց առաջ սեղմվում է իր առանցքի ուղղությամբ: Կողային կափարիչի 11 վրա գտնվում է հայելին 7, որը լուսավորում է մանրադիտակի 9 տեսողության դաշտը: Սյունակի հակառակ պատի 4 վրա (նկ.3.59բ) տեղավորված են ալիդադի եւ դիտակի մանրաչափական 6, 3 եւ ամրացնող 2,5 պտուտակները: Սյունակների միջեւ դասավորված է ալիդադի գլանաձեւ հարթաչափը 8 իր ճշտադրման պտուտակով 7: Թեոդոլիտը ունի օպտիկական կենտրոնադրիչ 19, (նկ.3.59ա): Պտուտակների 5 օգնությամբ ամրացված է բռնակը 2, որը հաղորդում է գործիքին լրացուցիչ կոշտություն:

Թեոդոլիտի պատվանդանը 18 կարող է անջատվել գործիքի վերին մասից պտուտակը 14 թուլացնելուց հետո: Հիմնական առանցքը բերվում է ուղղածիգ դիրքի բարձրացնող պտուտակների 17 միջոցով: Հարթ զսպանակի 16 վրա գտնվում է վռանը 15, դա ծառայում է գործիքը կալանի հետ ամրացնելու համար: Գծագրի վրա (նկ.3.59գ) ցույց է տրված, թե ինչպես դարձակի 1 օգնությամբ անհրաժեշտ է պտտել օղակը կոլիմացիոն սխալը վերացնելու համար:

Թեոդոլիտի լրակազմի մեջ մտնում է կողմնորոշող բուսոլը, որը ամրացվում է բռնակի 2 կողքին առկոսիկի մեջ:

Հաշվանքը հորիզոնական շրջանի վրա միակողմանի է:

Ուղղածիգ շրջանի բաժանքները 0°-ից 75° եւ -0°-ից -75° են: 2T5 եւ T5 արտադրատեսակները ունեն ուղղածիգ շրջանի գլանաձեւ հարթաչափ: 2T5 եւ 2T5K թեոդոլիտների ուղղածիգ շրջանի բանաձեւերն են՝

$$ՁՏ = 0{,}5(ՇՁ + ՇԱ), \quad \nu = 0{,}5\,(ՇՁ - ՇԱ) = ՇՁ - ՁՏ = ՁՏ - ՇԱ$$

T5 թեոդոլիտի ուղղածիգ շրջանի բաժանքները աճում են 0°-ից 360° ժամացույցի սլաքի շարժման հակառակ ուղղությամբ (ինչպես T30 թեոդոլիտի): Այդ պատճառով, օգտվելով վերընշված բանաձեւերից՝ նախապես անհրաժեշտ է կարդացված հաշվանքները բերել սուր անկյունների: 3T5ԿՊ թեոդոլիտը՝ T5 թեոդոլիտի կատարելագործված արտադրատեսակն է: Դա ունի կոմպենսատոր եւ ուղիղ պատկեր տվող դիտակ:

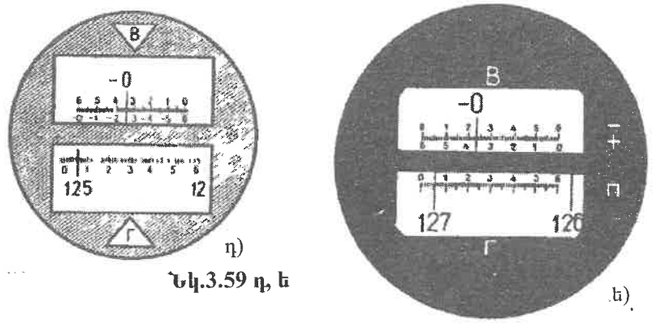
Ուղղածիգ շրջանի բանաձեւերն են՝

$$ՁՏ = 0{,}5(ՇՁ - ՇԱ), \quad \nu = 0{,}5(ՇՁ + ՇԱ) = ՇՁ - ՁՏ = ՁՏ + ՇԱ$$

Դրանք տարբերվում են մյուս գործիքներին համապատասխանող բանաձեւերից:

Ուղղածիգ շրջանի զրոյի տեղը զրոյի բերելու համար ծառայում է հատուկ պտուտակը, որը գտնվում է ուղղածիգ շրջանի սյունակի վրա: Մանրադիտակի տեսողության դաշտի մեջ ուղղածիգ շրջանը ունի կապույտ գույն, իսկ հորիզոնական շրջանը՝ դեղին:

Բաժանքներն արված են սեկտորաձեւ, թեքության անկյունները չափվում են հորիզոնական հարթության նկատմամբ, ըստ որում հաշվանքը համապատասխանում է թեքողթյան անկյանը անկախ շրջանի դիրքից, այսինքն, այդ գործիքի համար չկա ուղղածիգ շրջանի հիմնական դիրք հասկացողությունը:



Նկ.3.59 դ, ե

2T5, 2T5K թեոդոլիտների մանրաղիտակների տեսողության դաշտը ցույց է տրված նկ.3.59բ-ի վրա, հորիզոնական շրջանի հաշվանքը հավասար է 125°05,5', ուղղածիգ շրջանի վրա՝ -0°25,0'։ 3T5KП թեոդոլիտի մանրաղիտակի տեսողության դաշտի տեսքը ցույց է տրված նկ.3.59ե-ի վրա։ Հատվանքները հորիզոնական եւ ուղղածիգ շրջանների վրա հավասար են 127°05,4' եւ միևնույն 0°23.5'։

Ռուսաստանում արտադրվող թեոդոլիտների հիմնական բնութագրերը բերված են աղյուսակ 3.3-ում։

3.6.1. Թեոդոլիտի հետազոտումները

Ցանկացած գեոդեզիական գործիքը պետք է պատրաստված լինի այնպես, որ դրա մասերը բավարարեն որոշակի տեխնոլոգիական եւ երկրաչափական պահանջներին, հակառակ դեպքում կառաջանան սխալներ, ինչպես առանձին մասերի անփույթ պատրաստման պատճառով, այնպես էլ դրանց միմյանց նկատմամբ ոչ ճիշտ ամրացման շնորհիվ։ Օրինակ՝ լիմբի վրա բաժանքների ոչ հավասարաչափ իրագործելու շնորհիվ հաշվանքների մեջ սխալներ կառաջանան։ Սխալների պատճառ կարող է դառնալ դիտակի ֆոկուսացնող ոսպնյակի ոչ սահուն շարժումը դիտողային առանցքի ուղղությամբ եւ այլն։

Որոշ տեխնոլոգիական թերությունների բացասական ազդեցությունը կարելի է թուլացնել չափումների ռացիոնալ կազմակերպմամբ, դա վերաբերում է մասնավորապես լիմբի բաժանքների սխալներին։ Եթե հորիզոնական անկյունը չափվի լիմբի տարբեր աղեղների վրա, արդյունքների միջին թվաբանականի մեջ նշված սխալները կնվազեն։ Մեծ մասամբ տեխնոլոգիական թերությունները հնարավոր չէ վերացնել գործիքի շահագործման ընթացքում, սակայն դրանք պետք է հայտնաբերվեն եւ վերացվեն արհեստանոցներում։ Մանր դեֆեկտները կարող են ուղղվել գործիքի պրոֆիլակտիկ զննման ժամանակ։

Տեխնոլոգիական թերությունների հայտնաբերումը անվանում են թեոդոլիտի հետազոտում։ Ճշգրիտ չափումների դեպքում գործիքների հետազոտումը կատարվում է ամենայն մանրամասնությամբ։ Միջին եւ ցածր ճշտության գործիքների համար նշված թերությունները մասամբ անտեսվում են՝ համարվում է, որ դրանք բավարար չափով վերացվել են գործարանում։

Երկրաչափական պայմանները, որոնց պետք է բավարարեն գեոդեզիական գործիքները, կարող են խախտվել բավական հաճախ դրանց տեղափոխման ընթացքում, արտաքին պայմանների ազդեցության շնորհիվ եւ այլն։ Այդ պատճառով հայտնաբերված խախտումները վերացնելու համար գործիքների մեջ նախատեսված են ուղղիչ պտուտակներ։

Երկրաչափական խախտումների հայտնաբերելու պրոցեսը անվանում են գործիքի ստուգում, իսկ հետագա ուղղումները, եթե դրանք անհրաժեշտ են՝ գործիքի ճշտադրում։

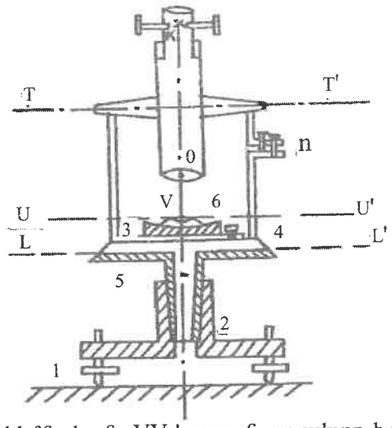
Գործիքների ստուգումը եւ ճշտադրումը կատարվում է դաշտային պայմաններում, աշխատանքը սկսվելուց առաջ։

Թեոդոլիտի հետազոտման ընթացքում անհրաժեշտ է համոզվել հետեւյալում։

1. Հորիզոնական եւ ուղղածիգ շրջանների (լիմբերի), ինչպես նաեւ հորիզոնական շրջանի ալիդադի պտույտները պետք է կատարվեն ազատ, եւ մանրաչափական պտուտակների օգտագործման ժամանակ շարժումը պետք է լինի սահուն։ Համոզվելու համար, որ դա տեղի ունի, դիտակը ուղղում են որեէ կետին եւ, պտտելով մանրաչափական պտուտակները, դիտում են, թե ինչպես է կատարվում շարժումը։
2. Բարձրացնող պտուտակները չպետք է շարժվեն իրենց բնիկներում գործիքի պատվանդանի մեջ։ Այդ թերությունը վերացվում է կարգավորիչ պտուտակներով, որոնց միջոցով ապահովում են թեոդոլիտի կայունությունը կալանի գլխիկի վրա։ Անհրաժեշտ կայունության դեպքում ձեռքի թույլ մղումը թեոդոլիտի տարբեր մասերի վրա չպետք է շեղի դիտակի դիտողային առանցքը այն կետից, որին դա նախապես ուղղված է եղել։ Նույնը պահանջվում է կալանից, որի ոտքերը անհրաժեշտ չափով պետք է ճգված լինեն գլխիկի հետ միացման մասերում։

3.6.2. Թեոդոլիտի ստուգումները եւ ճշտադրումները (ուղղումները)

Թեոդոլիտի առանցքների դասավորությունը դրա աշխատանքային դիրքում ցույց է տրված սխեմայի վրա (նկ.3.60)։ Հարթաչափի առանցքը՝ սս'-ը, եւ դիտակի պտտման առանցքը՝ ТТ'-ը, պետք է հորիզոնական լինեն, իսկ հիմնական VV ' առանցքը պետք է լինի ուղղածիգ վիճակում։ Հարթաչափի առանցքը հորիզոնական դիրքի է բերվում պատվանդանի բարձրացնող պտուտակներով։ Դրանից հետո, որպեսզի հիմնական առանցքը գտնվի ուղղածիգ դիրքում, իսկ դիտակի պտտման առանցքը՝ հորիզոնական դիրքում, անհրաժեշտ է, որպեսզի տվյալ գործիքը բավարարի հետեւյալ պահանջներին։



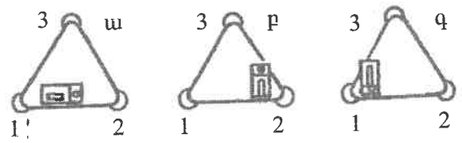
Նկ.3.60

Հարթաչափի եւ դիտակի պտտման առանցքները պետք է ուղղահայաց լինեն գործիքի հիմնական առանցքին։ Բացի այդ պետք է բավարարվեն նաեւ այլ պայմաններ։ Այդ նպատակով էլ կատարում են գործիքի ստուգումները եւ, անհրաժեշտության դեպքում՝ նկատված շեղումների ուղղումը, այսինքն, ճշտադրումը։

1-ին ստուգում

Հորիզոնական շրջանի ալիդադի վրա ամրացված գլանաձեւ հարթաչափի առանցքը՝ սս'-ը, պետք է լինի ուղղահայաց գործիքի հիմնական VV ' առանցքին (§ 3.5.4.1)։

Ստուգման համար կալանի վրա ամրացված թեոդոլիտի ալիդադը պտտում են այնպես, որ հարթաչափի առանցքը զուգահեռ լինի որեէ երկու բարձրացնող պտուտակները միացնող գծին (նկ.3.61ա)։ Այդ պտուտակները պտտելով հակառակ ուղղությամբ՝ բերում են հարթաչափի բշտիկը մեջտեղ (զրո կետ)։ Այնուհետեւ պտտում են ալիդադը 90° -ով եւ երրորդ պտուտակով եւս բշտիկը բերում են զրո կետ (նկ.3.61բ)։ Դրանից հետո սկսում են ստուգումը։ Պտտում են ալիդադը 180°-ով (նկ.3.61գ)։



Նկ.3.61

Եթե հարթաչափի բշտիկը մնաց մեջտեղում, կնշանակի, որ տվյալ պայմանը բավարարված է։ Սակայն ենթադրենք թե 180°-ով պտույտից հետո հարթաչափի բշտիկը հեռացել է զրո կետից n բաժանքի չափով, դա կնշանակի, որ վերը նշված պայմանը չի բավարարվում։

Հարթաչափը ճշտադրելու համար դրա ուղղիչ պտուտակների օգնությամբ վերադարձնում են բշտիկը դեպի զրո կետ շեղման բաժանքների կեսի չափով՝ $\frac{n}{2}$։ Դրանով ավարտվում է ճշտադրումը։

Սակայն համոզվելու համար, որ վերը նշված պայմանը բավարարված է, երրորդ պտուտակի օգնությամբ նորից բշտիկը բերում են զրո կետ, շարժելով այն մնացած $\frac{n}{2}$ բաժանքների չափով, եւ ալիդադը պտտում են 180°-ով:

Սովորաբար այդ գործողությունները կարիք է լինում կրկնել մի քանի անգամ, մինչեւ ալիդադը հաջորդ անգամ 180°-ով պտտելիս հարթաչափի բշտիկը մնա մեջտեղում կամ շեղվի 0,5 բաժանքից ոչ ավել:

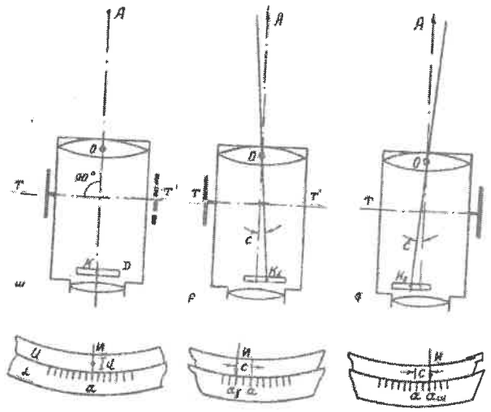
Այս ստուգումը կատարվում է ամեն օր աշխատանքը սկսելուց առաջ:

Ճշտաղրված հարթաչափով գործիքի հիմնական առանցքը ուղղաձիգ դիրքի բերելու համար պտտում են ալիդադը 90°-ով, վերադարձնելով հարթաչափը դրա սկզբնական դիրքին (նկ.3.61ա) եւ, գործելով 1 եւ 2 բարձրացնող պտուտակներով, բշտիկը բերում են զրո կետը: Ալիդադը հիմնական առանցքի շուրջը պտտելու ընթացքում հարթաչափի բշտիկը պետք է մնա զրո կետում, կամ շեղվի 0,5 բաժանքից ոչ ավել:

2-րդ ստուգում

Դիտակի դիտոցային առանցքը՝ KO-ն, պետք է ուղղահայաց լինի իր պտտման առանցքին՝ TT-ին (նկ.3.60, 3.62ա):

Ստուգման համար թեոդոլիտը ամրացնում են կալանի վրա եւ դրա հիմնական առանցքը բերում են ուղղաձիգ դիրքի ստուգված հարթաչափի օգնությամբ: Դիտոցային KO առանցքը ուղղում են հեռավոր, հստակ երեւացող A կետին: Այդ կետը ընտրում են այնպես, որ դիտակը ընդունի մոտավորապես հորիզոնական դրություն: Գծագրի վրա (նկ.3.62ա) ցույց է տրված դիտակի տեսքը վերեւից, դրանից ձախ հոծ գծով նշված է ուղղաձիգ շրջանը: Դիտարկվող դեպքում KO դիտոցային առանցքը ուղղահայաց է TT'-ին, այսինքն, պայմանը բավարարված է: Դրանում համոզվելու համար դիտակը A կետին ուղղելուց հետո կարդում են հաշվանք հորիզոնական շրջանի վրա: Դիցուք, այդ հաշվանքը ուղղաձիգ շրջանի ձախ դրությամբ հավասար է $\alpha_ձ$=10°25': Դիտակը շրջում են զենիթով եւ ալիդադը 180°-ով պտտելուց հետո դարձյալ դիտոցային առանցքը ուղղում են A կետին: Ուղղաձիգ շրջանը ընդունում է աջ դրությունը, իսկ հաշվանքը հավասար է դառնում $\alpha_աջ$=10°25'+180°=190°25':



Նկ.3.62

Այստեղից կարելի է անել հետեւյալ եզրակացությունը: Եթե OK⊥TT', շրջանը ձախ եւ շրջանը աջ դրությամբ կարդացած հաշվանքները պետք է տարբերվեն միմյանցից ճիշտ 180°-ով (հաշվանք կարդալու ճշտության սահմաններում):

Այժմ ենթադրենք, որ դիտոցային առանցքը շեղվել է ճիշտ դիրքից c անկյան չափով, որովհետեւ K կետը տեղաշարժվել է դեպի K_1 կետը (նկ.3.62բ): Դրա հետեւանքով առաջացած C անկյունը անվանում են կոլիմացիոն անկյուն, կամ կոլիմացիոն սխալ: Դրա առկայության դեպքում դիտոցային KO առանցքը, պտտվելով TT ' առանցքի շուրջը, կգծի ոչ թե շրջան (հարթություն), այլ կոնական մակերեւույթ: Այդ պատճառով հորիզոնական շրջանի վրա կարդացած հաշվանքները կպարունակեն ε սխալ, որի մեծությունը կախված կլինի ոչ միայն կոլիմացիոն սխալից, այլ նաեւ դիտոցային առանցքի թեքության անկյունից՝ ν-ից՝

$$\varepsilon = \frac{c}{\cos \nu} = c \cdot \sec \nu, \qquad (3.75)$$

երբ ν = 0, ε = c:

Եթե չափվող անկյան կողմերի թեքությունները տարբեր են (ν_1 եւ ν_2) , ապա կոլիմացիոն սխալի ազդեցությունը այդ կողմերին համապատասխանող ուղղությունների հաշվանքի վրա (α_1 եւ α_2) նույնպես տարբեր կլինի՝ ε_1=c·secν$_1$, ε_2=c·secν$_2$: Անկյան մեջ սխալը հավասար կլինի՝ $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$=c·secν$_1$ - c·secν$_2$:

Կոլիմացիոն սխալի որոշումը

Գծագրից (նկ.3.62բ) երեւում է, որ K կետի ճիշտ դիրքից շեղման շնորհիվ (դեպի K_1 կետը) դիտոցային K_1O առանցքը այլեւս չի անցնի A կետով: Որպեսզի K_1O ուղղությունը նորից հատի A կետը, անհրաժեշտ է պտտել ալիդադը դիտակի հետ միասին ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ C անկյան չափով: Դրա հետեւանքով շրջանը ձախ դրությամբ կարդացած հաշվանքը ոչ թե հավասար կլինի ճիշտ α հաշվանքին, այլ հավասար կլինի $\alpha_ձ$=α+c սխալ հաշվանքին, որտեղից α=$\alpha_ձ$-c: Եթե այժմ դիտակը շրջվի զենիթով, եւ ալիդադը պտտվի ճիշտ 180°-ով, տեղի կունենա նկ.3.62գ-ում ցույց տրված պատկերը: Ցանցաթելերի հատման կետը կգտնվի K_2 կետում եւ K_2O ուղղությունը չի հատի A կետը: Որպեսզի դիտոցային առանցքը՝ K_2O-ն, ուղղվի A կետին, անհրաժեշտ է այս անգամ պտտել ալիդադը ժամացույցի սլաքի շարժման հակառակ ուղղությամբ c անկյան չափով: Արդյունքում ճիշտ α+180° հաշվանքի փոխարեն կստացվի սխալ $\alpha_{աջ}$=α+180°-c հաշվանքը, որտեղից α=$\alpha_{աջ}$+c-180°: Այսպիսով, դիտոցելով միեւնույն A կետի վրա երկու անգամ շրջանը աջ եւ շրջանը ձախ դրությամբ, կունենանք երկու հավասարում երկու անհայտով՝ α եւ c՝

$$\text{I} \quad \alpha = \alpha_ձ - c$$

$$\text{II} \quad \alpha = \alpha_{աջ} + c - 180°$$

Լուծելով այս հավասարումների համակարգը՝ կունենանք՝

$$c = \frac{\alpha_ձ - \alpha_{աջ} + 180°}{2}$$

$$\alpha = \frac{\alpha_ձ + \alpha_{աջ} - 180°}{2} \qquad (3.76)$$

$\alpha_ձ$ եւ $\alpha_{աջ}$ այն հաշվանքներն են, որոնք կարդացվել են ուղղաձիգ շրջանի ձախ եւ աջ դրությամբ հորիզոնական լիմբի վրա, երբ դիտոցային առանցքը ուղղվել է տեղամասի միեւնույն A կետին: Տվյալ օրինակում ընդունված է, որ $\alpha_ձ < \alpha_{աջ}$:

Կոլիմացիոն սխալը՝ c-ն, կարող է ստացվել եւ՛ դրական, եւ՛ բացասական նշանով: Եթե ստուգման ընթացքում c-ն ստացվել է դրական, նշանակում է, որ տեղի է ունեցել այն պատկերը, որը համապատասխանում է գծագրին (նկ.3.62):

Օրինակ1: $\alpha_ձ$=20°25', $\alpha_{աջ}$=200°23',

$$c = \frac{20°25' - 200°23' + 180°}{2} = 0°01',$$

$$\alpha = \frac{20°25' + 200°23' - 180°}{2} = 20°24',$$

կամ $\alpha = \alpha_ձ - C = 20°25' - 01' = 20°24'$,

$\alpha = \alpha_{աջ} + C - 180° = 200°23' - 180° + 01' = 20°24'$

Օրինակ 2: $\alpha_{ձ}=310°17'$, $\alpha_{աջ}=130°21'$

Այս օրինակում $\alpha_{ձ}$-ն մեծ է $\alpha_{աջ}$-ից, իսկ քանի որ (3.76) բանաձեւը դուրս է բերված $\alpha_{ձ} < \alpha_{աջ}$ դեպքի համար, ուստի անհրաժեշտ է $\alpha_{աջ}$ հաշվանքին գումարել 360°, նոր տեղադրել այն (3.76) բանաձեւի մեջ:

$$c = \frac{310°17'-(130°21'+360°)+180°}{2} = -02',$$

$$\alpha = \frac{310°17'+(130°21'+360°)-180°}{2} = 310°19',$$

$\alpha = \alpha_{ձ}-C=310°17'-(-02')=310°19'$,

$\alpha=\alpha_{աջ}+C-180°=(130°21'+360°)-02'-180°=310°19'$

Ստացված ճիշտ α հաշվանքը համապատասխանում է շրջանը ձախ դրությանը, իսկ ճիշտ հաշվանքի արժեքը շրջանը աջ դիրքում կլինի հավասար՝

$\alpha+180°=310°19'+180°=430°19'-360°=130°19'$:

Կոլիմացիոն սխալի վերացումը

Ինչպես տեսանք, կոլիմացիոն սխալի առկայության դեպքում կարելի է ստանալ ճիշտ հաշվանքներ, եթե միեւնույն կետի վրա դիտակը ուղղվի երկու անգամ՝ շրջանը ձախ եւ շրջանը աջ դրությամբ: Սակայն պահանջվում է, որպեսզի սխալի մեծությունը փոքր լինի գործիքի հաշվանք կարդալու սարքի կրկնակի ճշտությունից՝ $C \le 2t$: Եթե այդ պայմանը խախտված լինի, ապա անհրաժեշտ է վերացնել կամ փոքրացնել կոլիմացիոն սխալը:

Դրա համար պետք է՝

1) որոշել ճիշտ հաշվանքը շրջանը ձախ դրությամբ՝ α-ն, կամ շրջանը աջ դրությամբ՝ $\alpha+180°$:
2) օգտվելով հորիզոնական շրջանի ալիդադի մանրաչափական պտուտակից՝ հաշվանքը լիմբի վրա դարձնել հավասար α-ի կամ $\alpha+180°$-ի, նայած շրջանի որ դիրքում է կատարվում ճշտադրումը:
3) քանի որ ալիդադի հետ միասին կպտտվի դիտակը, ցանցաթելերի հատման կետը կշեղվի տեղանքի A կետից, ուստի ցանցաթելերը ուղղելու համար անհրաժեշտ է ուղղիչ պտուտակների օգնությամբ շարժել ցանցաթելերը պահող օղակը հորիզոնական ուղղությամբ, այնքան, մինչեւ դրանց հատման կետը նորից համընկնի A կետի հետ: Ցանցաթելերի ուղղիչ պտուտակները գտնվում են օկուլյարի մոտ, կափարիչի տակ: Պտուտակներից մեկը աստիճանաբար թուլացվում է, մյուսը՝ ամրացվում:

Գործողությունը կատարելուց հետո ստուգումը կրկնվում է:

Նկարագրվածը վերաբերում է այն գործիքներին, որոնց ալիդադի վրա կան երկու վերնիներներ: Դա թույլ է տալիս վերացնել ալիդադի արտակենտրոնության սխալը, որն առաջանում է այն դեպքում, երբ լիմբի կենտրոնը չի գտնվում ալիդադի առանցքի վրա:

Երկու տրամագծորեն հակառակ դասավորված վերնիներներով կարդացած հաշվանքների միջին թվաբանականը համապատասխանում է ճիշտ հաշվանքին:

Օպտիկական ճշգրիտ եւ տեխնիկական թեոդոլիտների հաշվանք կարդալու սարքերը ունեն միայն մեկ ինդեքս, ուստի կարդացած հաշվանքները կարող են ալիդադի արտակենտրոնության պատճառով սխալներ պարունակեն: Այդ սխալները չեզոքացնելու համար կոլիմացիոն C անկյունը որոշելիս ընտրված A կետի դիտոցումը կատարում են շրջանը ձախ եւ շրջանը աջ դրությամբ երկու անգամ՝ տեղաշարժելով առաջին դիտոցումից հետո լիմբը մոտավորապես 180°-ով: Արդյունքում ստանում են չորս հաշվանքներ եւ C անկյունը որոշում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$c = \frac{(\alpha_{ձ} - \alpha_{աջ} +180°)+(\alpha'_{ձ} - \alpha'_{աջ} +180°)}{4} \qquad (3.77)$$

Օրինակ 3: Ենթադրենք, T30 թեոդոլիտի համար 2-րդ պայմանի ստուգման ընթացքում կարդացվել են հետեւյալ հաշվանքները՝

1. Լիմբի տեղաշարժումից առաջ՝ $\alpha_{ձ}=10°24'$ $\alpha_{աջ}=190°26'$
2. Լիմբի 180°-ով տեղաշարժումից հետո՝ $\alpha'_{ձ}=191°46'$ $\alpha'_{աջ}=11°48'$

$$C = \frac{(10°24'-190°26'+180°)+\left[191°46'-(11°48'+360°)+180°\right]}{4} = -01'$$

Լիմբի տեղաշարժումից հետո ճիշտ $\alpha^{ճիշտ}_{ձախ}$ հաշվանքը որոշելու համար օգտվում են (3.76) բանաձեւից՝ $\alpha^{ճիշտ}_{ձախ}=\alpha'_{ձախ}-C=191°46'-(-01')=191°47'$: Ճիշտ հաշվանքը աջ դրությամբ հավասար կլինի՝

$$\alpha^{ճիշտ}_{աջ} = \alpha^{ճիշտ}_{ձախ} +180°=191°47'+180°=11°47'$$

Տեխնիկական թեոդոլիտների համար պահանջվում է, որպեսզի $C\le1'$, 3T5ԿՊ, 2T5ԿՊ գործիքների համար C-ն պետք է բավարարի $C\le0,2'$ պայմանին:

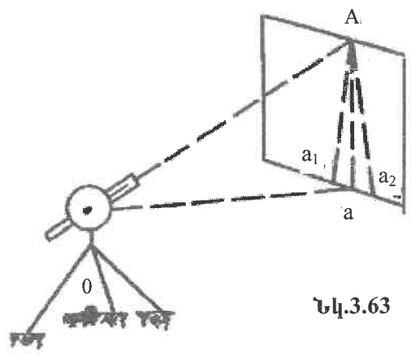
Կոլիմացիոն սխալի վերացումը կատարվում է նկարագրված ձեւով: Քանի որ շրջանը աջ դիրքում հաշվանքը 11°48' է (լիմբի տեղաշարժից հետո), անհրաժեշտ է ալիդադի մանրաչափական պտուտակով հավասարեցնել այն 11°47'-ի, որից հետո ցանցաթելերի ուղղիչ պտուտակներով K կետը համատեղել A կետի հետ:

2T5, 2T5K եւ 3T5ԿՊ թեոդոլիտների 2-րդ ստուգումը կատարելուց հետո ճշգրտումը իրականացնում են մանգաղաձեւ օղակի պտույտով հատուկ դարձակի օգնությամբ (նկ.3.59):

3-րդ պրոգրամ

Դիտակի պտտման առանցքը՝ TT'-ը, պետք է ուղղահայաց լինի թեոդոլիտի պտտման առանցքին՝ VV'-ին:

Այս պայմանն անհրաժեշտ է, որպեսզի աշխատանքային դրությամբ դիտակն իր առանցքի շուրջը պտտելիս դիտոցային առանցքը գծի ուղղաձիգ կոլիմացիոն հարթություն: Ստուգման համար բարձր պատից ոչ հեռու 20-ից 30 մ, 0 կետում տեղակայում են թեոդոլիտը եւ բերում են աշխատանքային դրության (նկ.3.63): Ուղղաձիգ շրջանի աջ դրությամբ դիտակն ուղղում են պատի բարձր A կետին այնպես, որ դիտոցային առանցքի թեքության անկյունը լինի 25-30°, եւ առանց ալիդադը թուլացնելու դիտակը բերում են հորիզոնականին մոտ դիրքի (1-2)° ճշտությամբ ու պատի վրա նշում ցանցաթելերի հատման կետի a_1 դիրքը: Այնուհետեւ դիտակը շրջում են զենիթով եւ ուղղաձիգ շրջանի ձախ դրությամբ կրկնում նույն գործողությունները եւ պատի վրա նշում a_2 կետը: Եթե a_1 եւ a_2 կետերը համընկնեն, նշանակում է՝ պայմանը բավարարված է: Եթե պայմանը բավարարված չէ, ճշտադրումը սովորական պայմաններում կատարել հնարավոր չէ (թեոդոլիտների մեծ մասի համար): Սակայն, ինչպես երեւում է գծագրից (նկ.3.63), բարձր A կետը ուղղաձիգ հարթությամբ պատի վրա դեպի ներքեւ ճիշտ պրոյեկտելու համար, եթե նույնիսկ տվյալ պայմանը գործիքի վրա բավարարված չէ, բավական է ստացված a_1 եւ a_2 կետերի փոխարեն վերցնել դրանց միացնող գծի a միջնակետը: Նույն ձեւով վարվում են, երբ կարիք է լինում տեղանքի ցածր կետը ուղղաձիգ հարթությամբ դեպի վերեւ տեղափոխել: a_1 եւ a_2 կետե-



Նկ.3.63

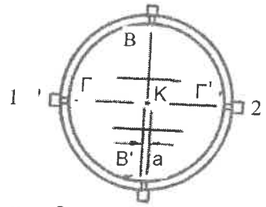
րի միջեւ հեռավորությունը չպետք է ցանցաթելերի բիսեկտորի լայնության 1/4-ից ավել լինի:

Եթե սխալն ավել է բիսեկտորի կրկնակի լայնությունից, անհրաժեշտ է այդ թերությունը վերացնել արհեստանոցում: Այդպիսի սխալի դեպքում դիտակի պտտման առանցքը թեքված է i= 1'-ով եւ հաշվանքի սխալը հավասար է i·tgν:

Եթե անկյան կողմերի թեքությունները տարբեր են ($ν_1$ եւ$ν_2$), ապա կիսանվագով ստացված անկյան արժեքի մեջ կպարունակվի i·($tgν_1$-$tgν_2$) սխալը: Լրիվ նվագով չափված անկյան արժեքը զերծ կլինի նշված սխալներից:

4-րդ ստուգում

Դիտակի ցանցաթելերի թելիկներից մեկը՝ ВВ'-ը (նկ.3.64), պետք է լինի ուղղահայաց դիտակի պտտման ТТ' առանցքին: Ցանցի ВВ' եւ ГГ' գծիկների ուղղահայացությունը ապահովվում է գործարանի կողմից:



Նկ.3.64

Թեոդոլիտի հիմնական առանցքը ուղղածիգ դրության բերելուց հետո ընտրում են լավ երեւացող կետ, ուղղում են ցանցաթելերի կենտրոնը՝ K-ն, այդ կետին եւ դանդաղ պտտում են դիտակը հորիզոնական ТТ' առանցքի շուրջը: Եթե պտույտի ընթացքում ընտրված կետը չի շեղվում ВВ' գծիկից, նշանակում է, որ ВВ'-ը ուղղածիգ է ТТ'-ին, եւ պայմանը բավարարված է: Հակառակ դեպքում, եթե շեղվում է թելիկների α հեռավորության 1/3-ից ավել, անհրաժեշտ է կատարել ճշտադրում: Դրա համար բուլացնում են ցանցաթելերի օղակի պտուտակը եւ պտտում են ամբողջ օղակը անհրաժեշտ չափով: Ճշտադրումից հետո ստուգումը կրկնում են:

5-րդ ստուգում

Օպտիկական կենտրոնաղրիչի դիտոցային առանցքը պետք է համընկնի թեոդոլիտի հիմնական առանցքի հետ: Ստուգման համար թեոդոլիտը ամրացնում են կալանի վրա եւ դրա հիմնական VV' առանցքը բերում են ուղղածիգ դիրքի: Կալանի գլխիկի տակ գետնի վրա էկրան են ամրացնում եւ կենտրոնաղրիչի ցանցաթելերը պարզեցնելուց հետո պրոյեկտում են դրանց հատման կետը էկրանի վրա՝ նշելով կետի դիրքը մատիտով:

Դրանից հետո կենտրոնաղրիչը պտտում են ալիդադի հետ միասին ուղղածիգ առանցքի շուրջը եւ նայում են դրա օկուլյարի մեջ: Ստույգ գործիքի մեջ օպտիկական կենտրոնաղրիչի պտույտի ժամանակ էկրանի վրա նշված կետը պետք է մնա համատեղված ցանցաթելերի հատման կետի հետ: Եթե այդ պայմանը չի բավարարվում, ապա էկրանի վրա նշում են 3 կետեր, որոնք համապատասխանում են կենտրոնաղրիչի 3 դրությանը (120°-ի տակ) եւ որոշում են ստացված եռանկյան ծանրության կենտրոնը: Ցանցաթելերի ուղղիչ պտուտակների օգնությամբ համատեղում են դրանց հատման կետը այդ եռանկյան կենտրոնի հետ:

Վերընշված ստուգումները ընդհանուր են թե՛ մետաղական շրջաններ ունեցող գործիքների, թե՛ օպտիկական թեոդոլիտների համար: Սակայն օպտիկական թեոդոլիտները պահանջում են լրացուցիչ ստուգումներ ու հետազոտություններ:

Այն գործիքների համար, որոնք ունեն կոմպենսատոր (փոխհատուցիչ), անհրաժեշտ է համոզվել հետեւյալում:

Կոմպենսատորը պետք է ապահովի միեւնույն հաշվանքը ուղղածիգ շրջանի վրա հիմնական առանցքի ուղղածիգ վիճակից ±3' շեղվելու դեպքում (2Т5К եւ 3Т5КП թեոդոլիտների համար):

Այդ պայմանը ստուգելու համար տեղամասի վրա ընտրում են լավ երեւացող կետ: Թեոդոլիտը տեղակայում են այնպես, որ պատվանդանի բարձրացնող պտուտակներից մեկը դասավորվի ընտրված կետի ուղղությամբ: Հիմնական առանցքը ուղղածիգ վիճակի բերելուց հետո դիտոցային առանցքը ուղղում են ընտրված կետին շրջանը աջ դիրքում եւ կարդում են ուղղածիգ շրջանի վրա հաշվանքը՝ ՇԱ:

Դիտակի մանրաչափական պտուտակով ավելացնում են ՇԱ հաշվանքը 3'-ով, որից հետո պատվանդանի բարձրացնող պտուտակով ցանցաթելերի հատման կետը նորից ուղղում են ընտրված կետին եւ կարդում են հաշվանք ուղղածիգ շրջանով՝ $ՇԱ_1$: Դրանից հետո մանրաչափական պտուտակով փոքրացնում են ՇԱ հաշվանքը 6'-ով եւ նույն բարձրացնող պտուտակով ցանցաթելերի հատման կետը ուղղում ընտրված կետի վրա: Այնուհետեւ կարդում են $ՇԱ_2$ հաշվանքը եւ հաշվարկում են ՇԱ-$ՇԱ_1$=d_1 եւ ՇԱ-$ՇԱ_2$=d_2: Ստացված d_1 եւ d_2 մեծությունները չպետք է տարբերվեն միմյանցից 0,1'-ից ավել:

Եթե նշված պայմանը չի բավարարվում, անհրաժեշտ է գործիքը ուղարկել վերանորոգման:

Բացի նշված ստուգումներից կատարվում է ուղղածիգ շրջանի զրոյի տեղի որոշումը եւ, անհրաժեշտության դեպքում, ճշտադրումը կատարվում է այնպես, ինչպես նկարագրվել էր § 3.5.9-ում: Զրոյի տեղի տատանումը դիտումների ժամանակ տեխնիկական թեոդոլիտների համար պետք է փոքր լինի 1'-ից:

2Т5К, 3Т5КП թեոդոլիտների համար զրոյի տեղի վերացումը պարտադիր է:

Օպտիկական մանրաչափի ռենի որոշումը
2Т30 թեոդոլիտի համար

Աստիճանային շրջանի մեկ բաժանքին, օրինակ, 1°-ին 2Т30 թեոդոլիտի համար, պետք է համապատասխանի մանրադիտակի սանդղակի 12 բաժանք (նկ.3.26,3.57բ): Եթե գոյություն ունի տարբերություն, այն անվանում են ռեն:

Հորիզոնական շրջանի ռենը որոշում են յուրաքանչյուր 60°-ից հետո : Ուղղածիգ շրջանի ռենը որոշում են 0°, 2° եւ -2° հատվածներում:

Հետազոտության ընթացքում սանդղակի սկիզբը համատեղում են լիմբի տվյալ գծիկի (աստիճանի) հետ եւ հաշվարկում են լիմբի երկու հարեւան գծիկների միջեւ տեղավորված սանդղակի բաժանքների քանակը 0,1 բաժանքի ճշտությամբ (աղյուսակ 3.4):

Ռենը հաշվում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$r=N_o-N$$

N_o-ն նախագծով նախատեսված սանդղակի բաժանքների թիվն է (N_o=12):

Այնուհետեւ որոշում են ռենի միջին արժեքը՝

$$r_{միջ}=\frac{\sum_{1}^{n} r_i}{n},$$

որտեղ՝ n-ը փորձարկումների թիվն է:

Աղյուսակ 3.4

հորիզոնական շրջանով կարդացված հաշվանքը	սանդղակի բաժանքների թիվը N	Ռենի մեծությունը r=12-N	Ծանոթություն
0°	$11,9^p$	$+0,1^p$	Թեոդոլիտ 2Т30 N N_o=12
60°	$12,0^p$	0^p	
120°	$12,0^p$	0^p	
180°	$11,9^p$	$+0,1^p$	
240°	$11,9^p$	$+0,1^p$	
300°	$12,0^p$	0^p	

$$\Sigma r=+0,3$$

$$r_{միջ}=+\frac{0,3}{6}=+0,050^p \quad r_{միջ}=+15''$$

Պահանջվում է, որպեսզի ռենի մեծությունը լիմբի տարբեր մասերում չտատանվի 0,5″-ից, այսինքն, սանդղակի մեկ բաժանքի 0,1 մասից ավել:

Եթե ռենի միջին արժեքը մեծ է 15'-ից, կատարում են դրա ուղղումը: Դրա համար բացում են կողային կափարիչը, որի տակ գտնվում են հորիզոնական եւ ուղղաձիգ շրջանները պահող կալուածակները (կրոնշտեյն): Եթե աստիճանային շրջանի պատկերը անհրաժեշտ է փոքրացնել, ապա երկու ոսպնյակները հեռացնում են միմյանցից, եւ հակառակը:

Միաժամանակ անհրաժեշտ է, որպեսզի լիմբի եւ սանդղակի բաժանքների պատկերների միջեւ չառաջանա պարալաքսի երեւույթը: Այդ պատկերները պետք է գտնվեն միեւնույն հարթության մեջ:

Նկարագրված ձեւով որոշում են նաեւ 2T5 (2T5K), 3T5KП թեոդոլիտների շրջանների ռենը:

3.7. Հորիզոնական անկյունների չափման եղանակները

Գեոդեզիական գործիքներով տարբեր մեծություններ չափելիս աշխատում են կիրառել այնպիսի մեթոդներ, որոնց օգնությամբ հնարավոր է նվազեցնել չափման ընթացքում առաջացող համակարգված եւ պատահական սխալները:

Ասվածը լիովին վերաբերում է թեոդոլիտով անկյունները չափելու գործընթացին: Որպեսզի չափման արդյունքներից վերացվեն կոլիմացիոն, ինչպես նաեւ դիտակի պտտման առանցքի եւ հիմնական առանցքի ոչ ուղղահայացության պատճառով առաջացող սխալները, հորիզոնական անկյունները չափում են երկու անգամ՝ ուղղաձիգ շրջանի ձախ եւ աջ դրությամբ:

Մշակված են հորիզոնական անկյուններ չափելու տարբեր եղանակներ: Մենք կուսումնասիրենք դրանցից երեքը. անկյունների չափումը նվագների եղանակով (առանձին անկյան չափումը), անկյունների չափումը շրջանային նվագների եղանակով եւ կրկնումների եղանակով:

Անկախ առանձին անկյան կամ միեւնույն գագաթում տարբեր ուղղություններով կազմված մի շարք անկյունների չափման մեթոդից, անհրաժեշտ է բոլոր դեպքերում կատարել նախապատրաստական աշխատանքներ. կենտրոնադրել եւ միեւնույն ժամանակ մակարդակաչափել թեոդոլիտը, պարզեցնել թելերի ցանցը, այսինքն, բերել գործիքը աշխատանքային դրության:

Գործիքի կենտրոնադրումը կատարվում է ուղղալարի օգնությամբ, մոտավորապես 5 մմ ճշտությամբ, կամ օպտիկական կենտրոնադրիչով՝ (0,3-0,5) մմ ճշտությամբ:

Թելային ուղղալարը օգտագործվում է նախնական կենտրոնադրման համար:

Անկյան գագաթի վրա նախապես տեղակայում են կալանը դիտորդին հարմար բարձրության վրա այնպես, որ դրա գլխիկի կենտրոնը պրոյեկտվի գագաթի վրա, իսկ հարթակը լինի հորիզոնական: Այդպիսի դիրքում կայունացնում են կալանի ոտքերը՝ մղելով դրանց ծայրերը գետնի մեջ: Թեոդոլիտը ամրացնում են կալանի գլխիկի վրա, դրա մեջտեղում դրվածքային պտուտակի օգնությամբ այնպես, որ հնարավոր լինի շարժել գործիքը գլխիկի հարթակով՝ դրա անցքի սահմաններում: Պատվանդանի բարձրացնող պտուտակների օգնությամբ, որոնք պետք է գտնվեն իրենց պտտման տիրույթի միջին մասում, հիմնական առանցքը բերում են գլանաձեւ հարթաչափի միջոցով ուղղաձիգ դիրքի: Շարժելով գործիքը կալանի գլխիկի վրայով՝ կենտրոնադրիչի ցանցաթելերի հատման կետը համատեղում են անկյան գագաթի հետ: Այդ ընթացքում հիմնական առանցքը կարող է շեղվել ուղղաձիգ դիրքից: Վերացնելով այդ շեղումը՝ կրկին կատարում են կենտրոնադրումը: Մի քանի մոտեցումից հետո գործիքը բերում են այնպիսի դրության, որ դրա հիմնական առանցքը լիմբի ուղղաձիգ վիճակում եւ միեւնույն ժամանակ կենտրոնադրիչի դիտոցային առանցքը (կամ ուղղալարի ծանրոցի ծայրը) անցնի անկյան գագաթով: Այդ դիրքում զգուշությամբ ճգում են դրվածքային պտուտակը:

Դիտակը ըստ դիտորդի աչքի տեղակայելը, ինչպես նշվել է, կատարվում է օկուլյարի դիօպտրային օղակի պտտումով մինչեւ ցանցաթելերի հստակ երեւալը, պարզեցնում են նաեւ մանրադիտակի տեսանելիությունը:

Չափվող անկյունը կազմող հատվածների ծայրակետերը, ինչպես հայտնի է, տեղանքում նշում են փայտյա փոքրիկ ցցիկներով կամ մետաղական ձողիկներով, որոնք ամրացված են գետնի մեջ եւ անկյան գագաթից կարող են տեսանելի չլինել: Այդ պատճառով էլ հորիզոնական անկյուն չափելուց

առաջ նշված կետերի վրա տեղադրում են ուղղաձիգ վիճակում 2 մ բարձրություն ունեցող փայտյա 4-5 սմ տրամագծով նշաձողեր, որոնք 20 սմ միջահատումով ներկված են սպիտակ եւ կարմիր գույներով (տես § 3.1.1): Որպեսզի նվազեցվի նշաձողի հնարավոր ոչ ուղղաձիգության բացասական ազդեցությունը անկյան չափման արդյունքի վրա, պետք է ձգտել դիտակը ուղղել նշաձողի ստորին մասին, գետնի մոտ: Մոտիկ տարածությունների վրա աշխատում են դիտոցումը կատարել ցցիկի վրա խփված մետխին կամ դրա վրա կանգնեցված գամասեղի վրա: Ինչքան կարճ լինեն չափվող անկյան կողմերը, այնքան ավելի ճշգրիտ պետք է կատարվի դիտոցումը եւ գործիքի կենտրոնադրումը:

Անկյան չափման գործընթացը նկարագրելուց առաջ մնում է ասել հետեւյալը. յուրաքանչյուր անգամ դիտակի դիտոցային առանցքը դիտվող կետին ուղղելիս կատարում են ուղղում ըստ առարկայի:

Օգտվելով դիտակի վրա տեղադրված օպտիկական նշանոցից՝ ալիդադը եւ դիտակը պտտում են այնքան, մինչեւ առարկան մոտենա նշանոցի տեսողության դաշտի կենտրոնին: Այնուհետեւ, նայելով օկուլյարի մեջ՝ պտտում են կրեմալիերը, պարզեցնում են առարկայի պատկերը եւ աշխատում են մոտեցնել դրան ցանցաթելերի կենտրոնին:

Նկարագրված գործողությունը կատարում են հորիզոնական շրջանի անշարժ վիճակում, ալիդադի եւ դիտակի ամրացնող պտուտակները թուլացնելուց հետո: Նախնական ուղղումը "ըստ առարկայի" ավարտելուց հետո ամրացնում են ալիդադի եւ դիտակի ամրացնող պտուտակները եւ, օգտվելով մանրաչափական պտուտակներից, ցանցաթելերի հատման կետը ճիշտ ուղղում են առարկայի անհրաժեշտ կետին:

3.7.1 Առանձին անկյան չափումը նվագների եղանակով

Հորիզոնական β_2 անկյունը (նկ.3.15, 3..16) կարելի է դիտել որպես աջակողմյան անկյուն I -II-III ընթացքի համար: Այս դեպքում I կետը անվանում են II կետի նկատմամբ հետեւի կետ, իսկ III-ը՝ առջեւի: Միեւնույն ժամանակ β_2 անկյան նկատմամբ II-I ուղղությունը կլինի աջակողմյան, իսկ II-III ուղղությունը՝ ձախակողմյան:

Նվագների եղանակով I-II-III ընթացքի աջակողմյան β_2 անկյունը չափելու համար վարվում են հետեւյալ կերպ:

1) Տեղակայում են թեոդոլիտը անկյան II գագաթում եւ վերը նկարագրված ձեւով բերում են այն աշխատանքային դրության:
2) Ամրացնում են լիմբը, թուլացնում են ալիդադը եւ դիտակի դիտոցային առանցքը ուղղաձիգ շրջանի աջ (ԾԱ) դրությամբ ուղղում են I կետին: Կարդում են հաշվանքը հորիզոնական շրջանով եւ գրանցում են այն անկյունաչափական մատյանի 3-րդ սյունակում: Ենթադրենք, հաշվանքը եղել է 182°48' (աղյուսակ 3.5):
3) Նույն ԾԱ դրությամբ թուլացնում են ալիդադը եւ դիտակի դիտոցային առանցքը ուղղում են ընթացքի հաջորդ՝ III կետին: Կարդում են հաշվանք՝ 70°23', եւ գրանցում են մատյանում նախորդ հաշվանքի տակ: Սրանով ավարտվում է անկյան չափումը առաջին կիսանվագով ԾԱ դրությամբ: β=182°48'-70°23'=112°25', այս արդյունքը գրանցում են 4-րդ սյունակում:
4) Երկրորդ կիսանվագով անկյան չափմանը անցնելուց առաջ թուլացնում են լիմբը, պտտում են $\Delta\beta$°-ի չափով եւ ամրացնում են այն: Ժամանակակից թեոդոլիտների՝ T5, T15, T30, T60-ի համար, որոնք ունեն միակողմանի հաշվանք կարդալու հարմարանքներ, $\Delta\beta$=2°-5°, վերնիերներ ունեցող թեոդոլիտներ օգտագործելու դեպքում՝ $\Delta\beta$=90°: Դիտակը շրջում են զենիթով, որի շնորհիվ ուղղաձիգ շրջանը գրավում է շրջանը ձախ դիրքը (ԾՁ):

Անկյան չափումը մեկ լրիվ նվագով

Աղյուսակ

Չափվող անկյան գագաթի N-ը	դիտվող կետերի N-երը	հորիզոնական շրջանի վրա կարդացված հաշվանքները		անկյան մեծությունը		միջին անկյունը		միջին անկյունների միջին թվաբանականը		Ծանոթություն
		0	1	0	1	0	1	0	1	
1	2	3		4		5		6		7
		Շրջ. աջ								
	I	182	48							
II				112	25					
	III	70	23							
		Շրջ. ձախ				112	24,5			
	I	02	40							
II				112	24					
	III	250	16							

Աղյուսակ

Թեոդոլիտ	T30	2T30	T15	T5	T5K	2T5K
անկյան արժեքների թույլատրելի տարբերությունները	2′	2′	1′	0,5′	0,5′	0,5′

5) Թուլացնում են ալիդադը եւ դիտակը հաջորդաբար ուղղում են նախորդ եւ հաջորդ կետերին՝ գրանցելով կարդացած հաշվանքները՝ 02°40' եւ 250°16' մատյանի մեջ: β անկյան արժեքը հաշվելու համար գումարում են աջակողմյան հաշվանքին 360° եւ հանում ձախակողմյան հաշվանքը՝ β=(02°40'+360°)–252°16'=112°24': Աջակողմյան հաշվանքը միշտ ձախակողմյանից մեծ պետք է լինի, քանի որ բաժանքները լիմբի վրա աճում են 0°-ից ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ: Եթե այն փոքր է ստացվում, նշանակում է լիմբի 0°-ի գծիկը գտնվում է չափվող անկյան սահմաններում:

Եթե երկու կիսանվագներով ստացված չափման արդյունքների տարբերությունը՝ $\beta^{ձախ} - \beta^{աջ}$, չի գերազանցում թույլատրելի սահմանը (աղ.4.5), ապա, որպես անկյան վերջնական արժեք, ընդունում են դրանց միջինը, այսինքն՝

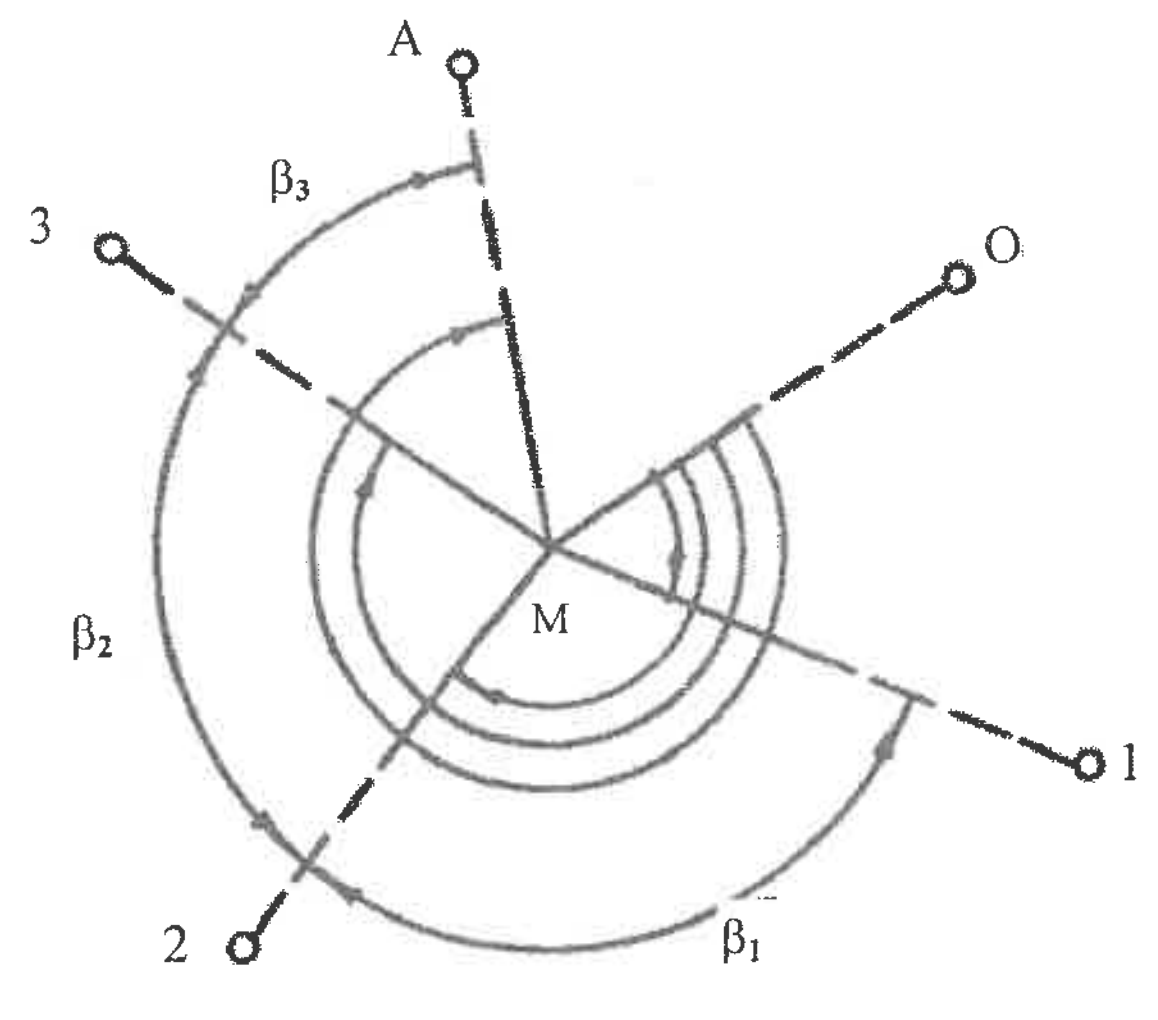
$$\beta = \frac{\beta^{ձախ} + \beta^{աջ}}{2} = 112°24,5'$$

Հակառակ դեպքում չափումները կրկնում են: Չափման արդյունքների միջին արժեքը գրանցում են մատյանի 5-րդ սյունակում: Հաջորդ՝ 6-րդ, սյունակում գրանցում են մի քանի լրիվ նվագներով ստացված անկյան արժեքների միջին թվաբանականը:

3.7.2 Շրջանային նվագների եղանակը

Այս եղանակը կիրառում են այն դեպքերում, երբ միեւնույն գագաթում կատարվում է մի քանի անկյունների միաժամանակ չափումը:

Ենթադրենք, անհրաժեշտ է չափել թեոդոլիտով M կետից սկիզբ առնող M-1, M-2, M-3, M-4 ուղղություններով կազմված անկյունների հորիզոնական պրոյեկցիաները՝ β_1, β_2, β_3 (նկ.3.65): Այդ անկ-



Նկ.3.65

յուններից յուրաքանչյուրը կարելի է չափել նվագների եղանակով: Ենթադրվում է, որ 1, 2, 3, 4 կետերում տեղակայված են նշաձողեր կամ ուրիշ գեոդեզիական նշաններ: Սակայն ձեռնտու է կիրառել շրջանային նվագների եղանակը:

Աշխատանքի կարգը հետեւյալն է:

1) Տեղակայում են թեոդոլիտը M կետում եւ բերում են աշխատանքային դիրքի:
2) Լիմբի վրա հաշվանքը դարձնում են 0°-ից մեծ՝ (2-5)' եւ, ամրացնելով ալիդադը լիմբի հետ (եթե թեոդոլիտը կրկնողական է), լիմբի պտույտով դիտակի դիտողային առանցքը ուղղում են (1-4) կետերից մեկի վրա, որը լավ է երեւում, օրինակ, 1 կետի վրա, եւ ամրացնում են լիմբը: Եթե թեոդոլիտը կրկնողական չէ, սկզբից դիտակը ուղղում են ընտրված կետին եւ դրանից հետո լիմբը պտտում են ալիդադի անշարժ դիրքում այնպես, որ հաշվանքը դառնա հավասար (2-5)'-ի: Ընտրված M-1 ուղղությունը անվանում են սկզբնական (ելման): Որպես սկզբնական կետ (բացի 1-4 կետերից) կարող է ծառայել ցանկացած ուրիշ լավ երեւացող 0 կետը:
3) Ելման (1) կետի վրա դիտակը ուղղելուց հետո ուղղաձիգ շրջանի ձախ դիրքում կարդացած հաշվանքը գրանցում են անկյունաչափական մատյանի մեջ (աղյուսակ 3.6): Այնուհետեւ, պտտելով ալիդադը ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ՝ դիտողային առանցքը հաջորդաբար ուղղում են 2, 3, 4 եւ կրկին 1 կետերին եւ կարդացած հաշվանքները գրանցում են մատյանում: Վերջին դիտողումը 1 կետի վրա կատարում են լիմբի կայունությունը ստուգելու համար կամ, ինչպես ասում են, շրջանը միակցելու համար: Եթե ելման (1) կետի ուղղությամբ ստացված երկու հաշվանքների տարբերությունը չի գերազանցում աղյուսակում բերված մեծությունները (աղ.3.7), համարում են, որ առաջին կիսանվագը ավարտված է:
4) Գործիքի դիտակը շրջում են զենիթով, թուլացնում են ալիդադի ամրացնող պտուտակը, թողնելով լիմբը անշարժ վիճակում, եւ պտտելով դիտակը ժամացույցի սլաքի շարժման հակառակ ուղղությամբ, դիտողային առանցքը հաջորդաբար ուղղում են 1, 4, 3, 2, 1 կետերին: Շրջանը աջ դիրքում կարդացած հաշվանքները գրանցում են մատյանում նախորդ հաշվանքների տակ:

Կայան M

Ամսաթիվը: 20.06.1999թ.:
Եղանակը: Պարզ, թույլ քամի: Ժամը: 8-30 :
Տեսողությունը: Բավարար: Պատկերը: Հանգիստ:
Թեոդոլիտը: T5:

Աղյուսակ 3.6

ուղղության անվանումը (համարը)	Շրջանը	Հաշվանք լիմբի գծիկներով	Հաշվանք սանդղակով	2C ՇՁ–ՇԱ ±180°	միջին հաշվանք	սկզբնական ուղղությանը բերված ուղղությունների արժեքները	ծանոթություն
1	2	3	4	5	6	7	8
				I նվագ			
1	ՇՁ	0°	02,8'	–0,4'	0°03,00'	0°00,00'	
	ՇԱ	180°	03,2'		+0,05		
2	ՇՁ	70°	32,8'	–0,4'	70°33,00	70°30,05	
	ՇԱ	250°	33,2'		+0,10		
3	ՇՁ	260°	02,6	–0,2'	260°02,70	259°59,80	
	ՇԱ	80°	02,8		+0,15		
4	ՇՁ	320°	33,0	–0,4'	320°33,10	320°30,25	
	ՇԱ	140°	33,2		+0,20		
1	ՇՁ	0°	02,6	–0,4'	0°02,80		
	ՇԱ	180°	03,0				

$$\Delta_{ձ} = -0{,}2' \quad \Delta_{աջ} = -0{,}2' \quad \Delta_{միջ} = -0{,}2'$$

Երկու կիսանվագներով կատարված չափումները կազմում են մեկ լրիվ նվագ: Պատահական սխալների ազդեցությունը նվազեցնելու համար չափումները, կախված պահանջվող ճշտությունից, կատարում են մի քանի նվագով: Ամեն մի նվագը ավարտելուց հետո հորիզոնական լիմբը պտտում են $\Delta\beta = \frac{180°}{P}$, կամ $\Delta\beta = \frac{180°}{P} + \mu$ անկյունով, որտեղ՝ P-ն նվագների թիվն է, իսկ μ-ն լիմբի 1 բաժանքի գինը, որը T15, T5, T2 թեոդոլիտների համար 1° է:

Եթե P=3, ապա առաջին նվագով չափումները կատարելիս ելման կետին համապատասխանող հաշվանքը մոտ կլինի 0°-ին, երկրորդ նվագի համար՝ 60°-ին, իսկ երրորդ նվագի համար՝ 180°-ին: Դա արվում է նրա համար, որպեսզի տարբեր նվագները իրականացվեն լիմբի տարբեր մասերում, որը հնարավորություն է տալիս. ա) ավելի հուսալի ստուգել հաշվանքները, քանի որ դրանք կտարբերվեն միմյանցից առանձին նվագներում եւ բ) թուլացնել չափված ուղղությունների մեջ լիմբի բաժանքների անհավասարության պատճառով առաջացող սխալները:

Աղյուսակի (աղ.3.6) մեջ 5-րդ սյունակում բերված են, յուրաքանչյուր ուղղութունը դիտելիս, շրջանը ձախից եւ շրջանը աջից ստացված արդյունքների տարբերությունը, որը հավասար է կոլիմացիոն սխալի կրկնակի մեծությանը (2C=ՇՁ-ՇԱ): Դա պահանջվում է, որպեսզի 2C-ի տատանումները (ամենամեծ եւ ամենափոքր արժեքների տարբերությունը) փոքր լինի աղյուսակում (աղ.3.7) բերված մեծություններից:

Աղյուսակ 3.7

թեոդոլիտ	հորիզոնի միակցումը	2C-ի տատանումը	ուղղությունների տատանումները տարբեր նվագներում
1	2	3	4
T30	1,5'	2,0'	1,5'
T15	0,8'	1,0'	0,8'
T5, T5K, 2T5K	0,3'	0,8'	0,3'

Առաջին նվագը ավարտելուց մատյանի ներքեւում հաշվարկում են ելման ուղղության հաշվանքների տարբերությունները (վերջին հաշվանքից հանում են սկզբնական հաշվանքը):

$$\Delta_{ձ} = 02{,}6' - 02{,}8' = -0{,}2'; \qquad \Delta_{աջ} = 03{,}0' - 03{,}2' = -0{,}2',$$

$$\Delta_{մ} = \frac{\Delta_{ձ} + \Delta_{աջ}}{2} = \frac{-0{,}2' - 0{,}2'}{2} = -0{,}2'$$

Ստացված անկապքը բաշխում են 6-րդ սյունակում բերված միջին ուղղությունների վրա՝ գումարելով դրանց արժեքներին σ_K ուղղումները $\Delta_{մ}$ - ի հակառակ նշանով՝

$$\sigma_K = -\frac{\Delta_{մ}}{n}(K-1), \text{ որտեղ}$$

n-ն ուղղությունների թիվն է, իսկ K-ն ուղղության համարն է: Ելման ուղղության համարը հավասար է 1-ի:

$$\sigma_{K_2} = -\frac{-0{,}2'}{4}(2-1) = +0{,}05', \qquad \sigma_{K_3} = 2 \cdot 0{,}05' = 0{,}1' \text{ եւ այլն:}$$

Ստանալով σ_K ուղղումները՝ դրանք գումարում են 6-րդ սյունակում բերված ուղղություններին եւ ստացված արժեքներից հանում են ելման ուղղության միջին հաշվանքը՝ 0°03,00': Այսպիսով ստանում են ելման ուղղությանը բերված ուղղությունների նոր արժեքներ, որոնք գրանցված են 7-րդ սյունակում:

Եթե չափումները կատարվել են P նվագներով, ապա յուրաքանչյուր նվագում միեւնույն ուղղության համապատասխանող արժեքները չպետք է տարբերվեն միմյանցից աղյուսակում (աղ.3.7) բերված թույլտվածքներից:

Այն դեպքերում, երբ տվյալ նվագի ժամանակ չեն պահպանվել աղյուսակում բերված սահմանափակումները, նվագը կրկնում են լիմբի նույն դիրքում:

Այս կամ այն ուղղության վերջնական արժեքը հավասար է բոլոր նվագներից ստացված տվյալների միջին թվաբանականին:

Ուղղությունների արժեքները համապատասխանում են M-1 ուղղության նկատմամբ կազմած հորիզոնական անկյուններին:

3.7.3 Կրկնումների եղանակ

Այս եղանակը կիրառվում է միայն կրկնողական թեոդոլիտներով (T60, T30 եւ այլն) անկյունները չափելիս:

Անկյան չափման էությունը կայանում է հետեւյալում: Չափվող անկյունը, փաստորեն, մի քանի անգամ տեղադրվում է (կրկնվում է) լիմբի շրջանի վրա, որը թույլ է տալիս որոշ չափով նվազեցնել հաշվանք կարդալու սխալները:

Դիտարկենք կրկնումների եղանակը β_2 անկյան չափման օրինակի վրա (նկ.3.16):

Թեոդոլիտը տեղակայում են I II III անկյան II գագաթում եւ բերում են աշխատանքային դրության: Լիմբի վրա հաշվանքը դարձնում են զրոյին մոտ, օրինակ, 0°05': Դա խորհուրդ է տրվում անել հետագա հաշվարկները պարզեցնելու համար: Անկյան չափումը կատարվում է հետեւյալ հաջորդականությամբ: Թուլացնում են լիմբը, թողնելով ալիդադը լիմբի հետ ամրացված 0°05' հաշվանքին համապատասխան դիրքում: Պտտելով լիմբը ալիդադի հետ միասին՝ դիտակի դիտոցային առանցքը ուղղում են ընթացքի հաջորդ՝ III կետին (անկյան ձախ կողմի ուղղությամբ): Ճշգրիտ ուղղումը կատարում են լիմբի մանրաչափական պտուտակով՝ պտտելով այն ժամացույցի սլաքի ուղղությամբ: Կարդում են լիմբի վրա սկզբնական՝ m_1 հաշվանքը ու գրանցում են այն անկյունաչափական մատյանում: Թուլացնում են ալիդադը եւ լիմբի անշարժ վիճակում դիտակը ուղղում են աջակողմյան I կետի վրա: Ճշգրիտ ուղղումը իրականացվում է ալիդադի եւ դիտակի մանրաչափական պտուտակներով: Կարդում են I կետին համապատասխանող հաշվանքը՝ a_1-ը, վերջնական հաշվարկներում այդ a_1 հաշվանքը չի օգտագործվում, դա անհրաժեշտ է միայն կրկնումների թիվը հաշվելու համար:

Թուլացնում են լիմբը եւ, պտտելով այն, ուղղում են դիտակը ձախ՝ III կետին՝ օգտվելով լիմբի մանրաչափական պտուտակից: Հաշվանքը չեն կարդում: Թուլացնելով ալիդադը՝ ուղղում են դիտակը աջ I կետին: Այսպիսով, ավարտում են երկրորդ կրկնումը: Չափվող անկյունը, փաստորեն, տեղադրվել է լիմբի վրա երկու անգամ: Երրորդ եւ մյուս կրկնումները կատարվում են նույն հաջորդականությամբ:

Կատարելով բոլոր անհրաժեշտ կրկնումները՝ մատյանում գրանցում են վերջին՝ a_n, հաշվանքը աջակողմյան (նախորդ) I կետի վրա, որը ստացվել է n կրկնումներից հետո: Այսպիսով ավարտում են առաջին կիսանվագը ուղղաձիգ շրջանի աջ կամ ձախ դիրքում: Հաշվարկում են $a_n - m_1$ հաշվանքների տարբերությունը, որը պետք է մոտ լինի $(a_1 - m_1).n$ մեծությանը, անհրաժեշտության դեպքում գումարում են 360° կամ 720° եւ այլն եւ, բաժանելով այն կրկնումների n թվի վրա, ստանում են անկյան արժեքը՝

$$\beta_{աջ} = \frac{a_n - m_1}{n}, \qquad (3.78)$$

որը գրանցում են մատյանի համապատասխան սյունակում:

Ստուգման համար համեմատում են ստացված $\beta_{աջ}$ մեծությունը $(a_1 - m_1)$ տարբերության հետ:

Ավարտելով հաշվարկները՝ սկսում են երկրորդ կիսանվագը, փոխելով ուղղաձիգ շրջանի դիրքը (դարձնելով շ.ձախ): Երկրորդ կիսանվագը կատարելիս պարտադիր չէ կարդալ a_1 հաշվանքը, որովհետեւ չափվող անկյան մեծությունը որոշ մոտավորությամբ արդեն հայտնի է:

Նկարագրվածից հետեւում է, որ ցանկացած կրկնումների դեպքում անկյան արժեքը ստանալու համար անհրաժեշտ է ունենալ միայն երկու հաշվանք՝ սկզբնական՝ m_1 եւ վերջնական՝ a_n: Անկյան վերջնական մեծությունը որոշելիս ստուգման համար կարդացած m_1 հաշվանքը չի օգտագործվում: Քանի որ նկարագրված եղանակով անկյունը չափելիս լիմբի վրա կարդացվում է միայն երկու հաշվանք, ուրեմն հաշվանքի սխալը անկյան վերջնական արժեքի վրա զգալի չափով ավելի նվազ ազդեցություն կունենա, քան թե նվագների եղանակով անկյունները չափելու դեպքում: Խոսքը գնում է միեւնույն անկյունը՝ β-ն, կրկնումներով կամ նույն քանակի նվագներով չափելու մասին:

Այսպիսով, կարելի է անել հետեւյալ եզրակացությունը:

Կրկնումների եղանակը ձեռնտու է կիրառել այն դեպքերում, երբ անհրաժեշտ է բարձրացնել անկյան չափման ճշտությունը՝ ունենալով համեմատաբար ցածր ճշտության գործիք: Օրինակ՝ T30 թեոդոլիտով նվագների եղանակով անկյունը չափելիս, մեկ նվագի դեպքում անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը՝ m=30": Նույն գործիքով կրկնումների եղանակով անկյան չափման ճշտությունը կարելի է բարձրացնել երեք անգամ՝ դարձնելով m=10" (երեք կրկնումների դեպքում, n=3):

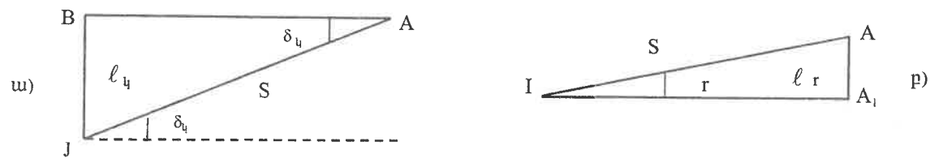
Անհրաժեշտ է նշել, որ կրկնումների ժամանակ պետք է հետեւել, որպեսզի հաջորդ հաշվանքը մեծ լինի նախորդից: Անհրաժեշտության դեպքում հաշվանքներին գումարվում է 360°:

3.7.4 Հորիզոնական անկյունների չափման ճշտությունը

Հորիզոնական անկյունների չափման ճշտությունը առաջին հերթին կախված է գործիքի ճշտությունից: Սակայն, երբ ասում ենք, որ T30 թեոդոլիտով մեկ լրիվ նվագով անկյունը կարելի է չափել ±30" միջին քառակուսային սխալով, դա վերաբերում է լաբորատոր պայմաններին: Իրականում դաշտային պայմաններում կոնկրետ անկյան չափման ճշտությունը պայմանավորված է նաեւ գործիքի ճշտաորման որակից, դրա կենտրոնադրման եւ նշաձողի տեղակայման սխալներից, կիրառվող եղանակից, արտաքին պայմաններից:

Անկյունների չափման ժամանակ սխալների առաջացման աղբյուրները հետեւյալն են:

1. Գործիքի սխալները: Գործնականում հնարավոր չէ ապահովել այն բոլոր պայմանները, որոնցից ելնելով կառուցվել է տվյալ գործիքը: Սակայն ալիդադի ապակենտրոնությունը (էքսցենտրիսիտետը), դիտակի պտտման առանցքի հորիզոնական դիրքից շեղվելու հետեւանքով եւ կոլիմացիոն անկյան առկայության շնորհիվ առաջացած սխալները վերացվում են անկյան մեծության վերջնական արժեքից աշխատանքը ճիշտ կազմակերպման միջոցով: Միեւնույն անկյունը չափում են ուղղաձիգ շրջանի երկու դրությամբ՝ աջ եւ ձախ եւ վերցնում են ստացված արդյունքների միջին թվաբանականը: Այսպիսով, վերացնում են կոլիմացիոն սխալը եւ դիտակի պտտման առանցքի հիմնական առանցքից՝ 90°-ից, շեղվելու պատճառով առաջացած սխալը: Այն սխալը, որն առաջանում է, երբ գործիքի հիմնական առանցքը շեղված է ճիշտ, ուղղաձիգ վիճակից, կրկնակի չափման մեթոդով (աջ եւ ձախ), վերացնել հնարավոր չէ: Այդ պատճառով անհրաժեշտ է նախ ճիշտ ստուգել, ուղղել հարթաչափը եւ խնամքով բերել հիմնական առանցքը ուղղաձիգ վիճակի (աշխատանքային դրության): Լիմբի բաժանքների սխալները չնչին են եւ դրանք կարելի է անտեսել: Բացի այդ դրանց ազդեցությունը կարելի է նվազեցնել՝ կատարելով անկյան չափումը լիմբի տարբեր մասերում:
2. Կենտրոնադրման սխալը: Այն դեպքերում, երբ լիմբի կենտրոնը՝ J-ն, եւ չափվող անկյան B գագաթը չեն գտնվում միեւնույն ուղղաձիգ գծի վրա, ապա BA ուղղության փոխարեն կչափվի JA ուղղությունը, եւ անկյան (կամ ուղղության) մեջ կառաջանա $\delta_կ$ սխալը (նկ.3.66): Դա կորոշվի հետեւյալ բանաձեւով՝ $\delta_կ = \frac{\ell_կ}{S} \cdot \rho''(\rho = 206265'')$: Ուստի, եթե հայտնի լինեն կենտրոնադրման $\ell_կ$ գծային սխալը եւ անկյան կողմի S երկարությունը, կարելի է չափված անկյան մեջ մտցնել $\delta_կ$ ուղղումը: Նույնը վերաբերում է անկյան մյուս կողմին: Կենտրոնադրման $\ell_կ$ սխալի ազդեցությունը հակառակ համեմատական է S երկարությանը: Ուստի կարճ կողմեր ունեցող անկյունները չափելիս անհրաժեշտ է ավելի մեծ ուշադրությամբ կատարել կենտրոնադրումը: Եթե գծային սխալը՝ $\ell_կ$-ն, ընդունենք հավասար 1 սմ, իսկ կողմի երկարությունը՝ 100 մ, ապա $\delta_կ = \frac{1սմ}{10000սմ} \cdot 206265'' = 20,6''$:



Նկ.3.66

3. Գեոդեզիական նշանների ոչ ճիշտ տեղադրման սխալը: Եթե անկյան կողմի վրա գտնվող A կետի փոխարեն դիտոցումը կատարվի A_1 կետի վրա, ապա անկյան չափման ժամանակ կառաջանա r սխալը, որը հավասար կլինի՝ $r = \frac{\ell_r}{S} \cdot \rho''$, որտեղ ℓ_r-ը, A եւ A_1 կետերի

հեռավորությունն է AB գծին ուղղահայաց ուղղությամբ (գծային ռեդուկցիան): Այդ սխալի ազդեցությունը վերացնելու համար անհրաժեշտ է չափված անկյան արժեքի մեջ մտցնել ուղղում ռեդուկցիայի համար: Ռեդուկցիայի մեծությունը նույնպես հակադարձ համեմատական է անկյան կողմերի երկարություններին: Դրա ազդեցությունը նվազեցնելու համար դիտոցումը պետք է կատարել նշաձողի, հնարավորին չափով, ներքեւի մասի վրա: Քանի որ նշաձողը կարող է շեղված լինել ուղղաձիգ դիրքից, ապա եթե A կետում տեղակայված է բուրգ, դիտոցում են բուրգի ծայրում ամրացված հատուկ կոճղի առանցքով, որից հետո որոշելով ℓ_r գծային ռեդուկցիան, հաշվարկում են անհրաժեշտ ուղղումը:

4. Դիտոցման եւ հաշվանքի սխալը: Դիտոցման միջին քառակուսային սխալը հավասար է $\frac{20''}{V^x}$:

Եթե դիտակի խոշորացումը՝ $V^x=20^x$, ապա դիտոցման սխալը հավասար կլինի $\frac{20''}{20^x}=1''$: Եթե անկյունը չափվում է տեխնիկական թեոդոլիտով՝ 30" կամ 15" միջին քառակուսային սխալով, ապա դիտոցման սխալը կարելի է անտեսել: Ասվածից երեւում է, որ տեխնիկական թեոդոլիտներով հորիզոնական անկյունները չափելիս հիմնական սխալը՝ հաշվանք կարդալու սխալն է, որը հավասար է 0,5′ (30")՝ T30, 2T30 եւ 0,1′ (6")՝ T15, T5, T2 տիպի թեոդոլիտների համար: Այդ սխալի, ինչպես նաեւ այլ սխալների, ազդեցությունը նվազեցնելու նպատակով միեւնույն անկյունը չափում են մի քանի անգամ (2, 4, 9) լրիվ նվագներով:

Հաշվենք անկյան կողմի (ողղության) m_{α}, ստացված արդյունքի m_{β_1} եւ լրիվ նվագով չափված անկյան m_{β} միջին քառակուսային սխալները՝

$$m_{\alpha} = \sqrt{m_{կ}^2 + m_{բ}^2 + m_{հ}^2 + m_{դ}^2} \qquad (3.79)$$

$m_{կ}$, $m_{բ}$, $m_{հ}$, $m_{դ}$՝ կենտրոնադրման, նշաձողի թեքության, հաշվանքի կատարման եւ դիտոցման միջին քառակուսային սխալներն են:

Քանի որ անկյունը երկու ուղղությունների տարբերությունն է, ուրեմն, եթե ուղղությունների սխալներն ընդունենք իրար հավասր, մեկ կիսանվագով չափված անկյան միջին քառակուսային սխալը կլինի՝

$$m_{\beta_1} = m_{\alpha}\sqrt{2} \qquad (3.80)$$

Եթե երկու կիսանվագներից ստացված արժեքների միջին քառակուսային սխալներն ընդունենք իրար հավասար, լրիվ նվագով չափված անկյան միջին քառակուսային սխալը կլինի՝

$$m_{\beta} = \frac{m_{\alpha}\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = m_{\alpha} \qquad (3.81)$$

Մեկ նվագով չափված անկյան սահմանային սխալն ընդունում են հավասար միջին քառակուսային սխալի եռապատիկին (կամ կրկնապատիկին):

$\Delta\beta_{սահմ}=3m_{\beta}=3m_{\alpha}$

Տեխնիկական թեոդոլիտների համար այն կլինի.

T15-ի համար՝ $m_{\alpha}=0{,}25'$; $\Delta\beta=3\cdot0{,}25'=0{,}75'$

T30-ի համար՝ $m_{\alpha}=0{,}5\ '$; $\Delta\beta=3\cdot0{,}5'=1{,}5'$

T60-ի համար՝ $m_{\alpha}=1'$; $\Delta\beta=3\cdot1'=3{,}0'$

Նկատի ունենալով, որ հորիզոնական անկյան չափման ճշտությունը ստուգվում է երկու կիսանվագների տարբերությամբ (նշենք, որ այդ տարբերությունը զերծ է կենտրոնադրման եւ նշաձողի թեքության սխալներից, որովհետեւ կիսանվագներում դրանք ազդում են հավասարապես), այսինքն, $\Delta\beta=\beta_2-\beta_1$, իսկ ուղղության միջին քառակուսային սխալն այս դեպքում կլինի՝ $m_{\alpha}=\sqrt{m_{հ}^2+m_{դ}^2}$ եւ կիսանվագների տարբերության միջին քառակուսային սխալը կարտահայտվի՝

$$m_{\beta կ.ն.} = m_{\beta 1}\sqrt{2} = 2m_{\alpha} \qquad (3.82)$$

Թույլատրելի սահմանային սխալն այս դեպքում կարելի է հաշվել

$\Delta\beta_{կ.ն.}=3m_{\beta կ.ն}$ (3.83)

բանաձեւով:

Որոշ դեպքերում ընդունում են՝

$\Delta\beta_{սահմ}=4m_{\beta.կ.ն.}$ (աղ.3.5′):

ԳԼՈՒԽ 4

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԳԵՈԴԵԶԻԱԿԱՆ ՑԱՆՑԵՐԻ ԵՎ ՀԱՆՈՒՅԹՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ: ԹԵՈԴՈԼԻՏԱՅԻՆ ՀԱՆՈՒՅԹ

4.1. Գեոդեզիական ցանցերի կառուցման սկզբունքը

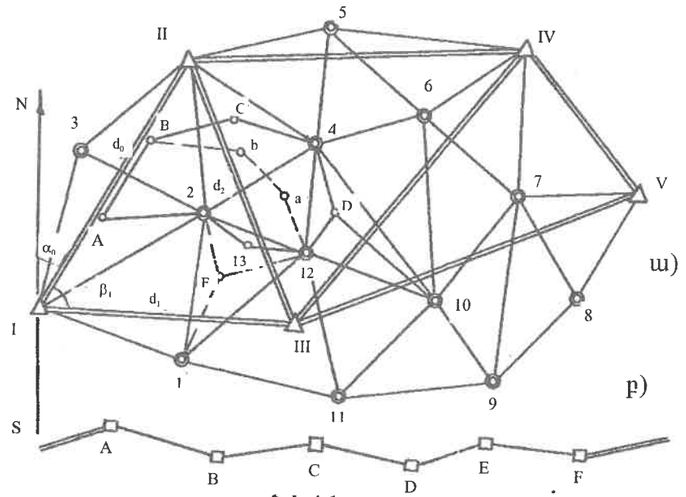
Տեղագրական քարտեզներ եւ հատակագծեր կառուցելու նպատակով կատարվող գեոդեզիական հանույթները կազմակերպվում են համաձայն հետեւյալ սկզբունքի:

Հանույթները հենվում են տվյալ տարածքում որոշակի ձեւով ամրացված կետերի վրա, որոնց միասնությունը կոչվում է գեոդեզիական ցանց: Ցանցի կետերի ուղղանկյուն կոորդինատները որոշվում են միեւնույն համակարգում, իսկ դրանց բարձրությունները՝ միեւնույն սկզբնակետից:

Գեոդեզիական ցանցերը բաժանվում են պետական, խտացնող եւ հանույթային ցանցերի:

Պետական ցանցերը ստեղծվում են տվյալ պետության ամբողջ տարածքում եւ հիմք են հանդիսանում խտացնող եւ հանույթային ցանցեր կառուցելու համար: Դրանք հնարավորություն են տալիս ռացիոնալ ձեւով կազմակերպել հանույթային աշխատանքները: Այդպիսի ցանցերի առկայության դեպքում հանույթները կարելի է կատարել միաժամանակ մեծ տարածքների տարբեր մասերում: Բացի այդ, ընդհանուր ցանցը թույլ է տալիս ստուգել կատարված չափումների ճշտությունը եւ հայտնաբերված թույլատրելի սխալները հավասարաչափ բաշխել ամբողջ տարածքի սահմաններում:

Գեոդեզիական բոլոր տեսակի հենման ցանցերը ստեղծվում են ելնելով այն սկզբունքից, որ աշխատանքները կատարվում են ընդհանուրից դեպի մասնավորը: Դա նշանակում է, որ սկզբում մեծ տարածության վրա հնարավոր բարձր ճշտությամբ ստեղծում են հենման կետերի համեմատաբար նոսր ցանց, որից հետո այդ ցանցը խտացնում են հաջորդ կարգերի ցանցերով: Յուրաքանչյուր հաջորդ կարգի ցանցի ստեղծման ժամանակ գեոդեզիական չափումները կատարվում են նախորդի նկատմամբ ավելի ցածր ճշտությամբ: Խտացումը կատարվում է այնպես, որ վերջին կարգի ցանցի կետերի խտությունը եւ դրանց որոշման ճշտությունը բավարարի նախատեսվող հանույթի պայմաններին:



Նկ.4.1

Օրինակ՝ գծագրի վրա ներկայացված հատակագծային ցանցի (նկ.4.1ա) I-V կետերի կոորդինատները որոշվել են հնարավոր բարձր ճշտությամբ: Այդ կետերի հիման վրա ստացվել են հաջորդ՝ 1÷12, կետերի կոորդինատները, որոնք գտնվում են մեկը մյուսի նկատմամբ ավելի մոտ, քան նախորդ ցանցի կետերը: Երկրորդ ցանցը հիմք է հանդիսացել փակ ընթացքի (պոլիգոնի) A, B, C, 4, D, 12, 13, 2

գագաթների կոորդինատները որոշելու համար: Վերջապես, պոլիգոնի 12 եւ B գագաթները ծառայել են 12, a, b, B անկյունագծային ընթացքը անցկացնելու համար:

Հատակագծային ցանցերը հիմնականում ստեղծվում են եռանկյունավորման (տրիանգուլացիայի), տրիլատերացիոն եւ բազմանկյունաչափության (պոլիգոնոմետրիայի) եղանակներով: Որոշ դեպքերում կիրառում են նշված եղանակների համակցությունը:

Եռանկյունավորման մեթոդի էությունը կայանում է հետեւյալում: Տվյալ տարածքի վրա ամրացնում են հետագա ցանցի կետերը այնպես, որ հնարավոր լինի ստանալ մեկը մյուսի հետ կապված եռանկյունների ցանց (I-V, նկ..4.1ա): Այս ցանցում չափվում են եռանկյունների ներքին հորիզոնական անկյունները, որոնք չպետք է 30°-ից փոքր եւ 120°-ից մեծ լինեն, չափում են ցանցի ծայրամասերում գտնվող մեկական կողմերի երկարությունները, թեքության անկյունները (I-II, IV-V) եւ որոշում են դրանց հորիզոնական պրոյեկցիաները: Մնացած բոլոր կողմերի պրոյեկցիաները որոշում են հաշվարկների միջոցով:

Եռանկյան գագաթների՝ X եւ Y, կոօրդինատները ստանալու համար կատարում են հետեւյալ հաշվարկները:

1. Որոշում են յուրաքանչյուր եռանկյան չափված անկյունների գումարի $\Sigma\beta_{չափ.}$ անկապքը $f_\beta=\Sigma\beta_{չափ.}-180°$ բանաձեւով եւ, եթե այն չի գերազանցում թույլատրելի մեծությունը, բաշխում են այդ անկապքը չափված անկյունների միջեւ եւ ստանում են դրանց ուղղված արժեքները՝ $\beta_{ուղղված}$, որոնց գումարը պետք է հավասար լինի 180°-ի ($\Sigma\beta_{ուղղված}=180°$):
2. Ըստ I-II կողմի հորիզոնական պրոյեկցիայի՝ d_o-ի, եւ ներքին անկյունների ուղղված արժեքների, օգտվելով սինուսների թեորեմից, հաշվում են բոլոր կողմերի d պրոյեկցիաները՝ օգտագործելով ստուգման նպատակով IV-V կողմի հորիզոնական պրոյեկցիայի արժեքը:
3. Ըստ ելման I-II ուղղության հայտնի α_o դիրեկցիոն անկյան, հաջորդաբար հաշվում են մնացած բոլոր կողմերի դիրեկցիոն անկյունները (§ 4.5.6):
4. Գեոդեզիական ուղիղ խնդրի լուծմամբ հաշվում են բոլոր կետերի X եւ Y ուղղանկյուն կոօրդինատները՝ հիմք ընդունելով I կետի հայտնի X_I, Y_I կոորդինատները (§ 4.5.6):

Տրիլատերացիոն ցանցը նույնպես եռանկյուններից բաղկացած ցանց է, այն տարբերությամբ, որ դրանում ճշգրիտ լուսահեռաչափով չափում են բոլոր եռանկյունների կողմերի երկարությունները եւ դրանց թեքության անկյունները: Եռանկյունների բոլոր ներքին հորիզոնական անկյունների արժեքները ստանում են հաշվարկների միջոցով, օրինակ, հետեւյալ բանաձեւով (նկ.4.1ա)՝

$$\cos\frac{\beta_1}{2}=\sqrt{\frac{p(p-d_2)}{d_0d_1}}, \qquad (4.1)$$

$$p=\frac{d_0+d_1+d_2}{2}$$

Բազմանկյունաչափության ցանցերը (նկ.4.1բ) ներկայացնում են երկրի մակերեւույթի վրա ամրացված A, B, C, D, E, F կետեր, որոնք հաջորդաբար միացնելով, ստանում են բաց կամ փակ բազմանկյուններ (պոլիգոններ): Այս ցանցերում չափում են ինչպես բոլոր կողմերի երկարությունները, դրանց թեքության անկյունները, այնպես էլ դրանց միջեւ կազմված հորիզոնական անկյունները: Այսպիսի ցանցեր նպատակահարմար է ստեղծել հարթավայրերում ու բնակավայրերի սահմաններում, որտեղ տեղական առարկաները սահմանափակում են կետերի տեսանելիությունը:

Անհրաժեշտ է նշել, որ ժամանակակից արբանյակային համակարգերը, օրինակ, ԱՄՆ-ում մշակված GPS համակարգը, մեծ հնարավորություն են ստեղծում տրիլատերացիայի մեթոդը լայն կիրառելու համար: GPS համակարգը թույլ է տալիս չափել տեղամասի կետերի միջեւ հեռավորությունները 5 մմ + 10^{-6}d մմ ճշտությամբ, որտեղ d-ն գծի երկարությունն է, որը կարող է լինել տասնյակ մետրերից մինչեւ մի քանի հարյուր կիլոմետր եւ ավել:

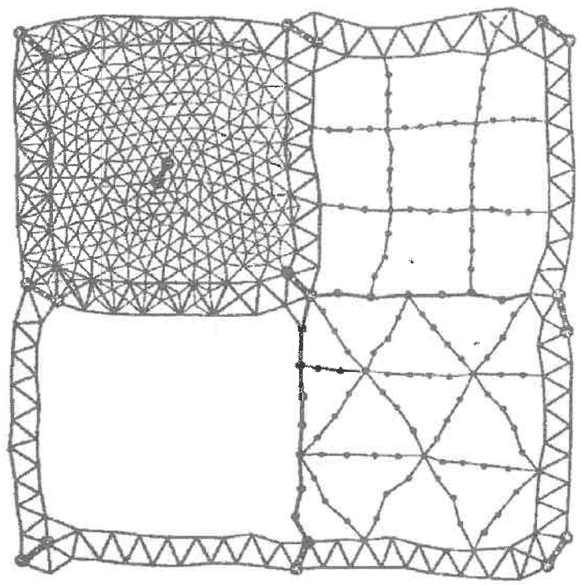
Կետերի վերազանցումները նույնպես չափվում են բարձր ճշտությամբ, սակայն ավելի կոպիտ, քան գծերի երկարությունները: Ամենակարեւոր հանգամանքն այն է, որ չի պահանջվում կետերի միջեւ տեսանելիություն եւ բացառվում է բարդ ու թանկարժեք ազդանշաններ կառուցելու անհրաժեշտությունը: Կարելի է ենթադրել, որ մոտ ապագայում պետական հենման ցանցերը կառուցվելու են GPS համակարգերի օգնությամբ:

4.2. Պետական գեոդեզիական հատակագծային ցանց

Վերոհիշյալ բոլոր եղանակներով նախկին Սովետական Միության տարածքի վրա ստեղծված գեոդեզիական ցանցերն ըստ ճշտության բաժանվում են պետական՝ 1-ին, 2-րդ, 3-րդ եւ 4-րդ դասերի, իսկ խտացման ցանցերը՝ 1-ին եւ 2-րդ կարգերի: Աղյուսակներում (աղ.4.1ա, բ) բերված են պետական հատակագծային ցանցերի գլխավոր ցուցանիշները:

Առաջին հերթին ստեղծվում է 1 դասի եռանկյունավորման կամ տրիլատերացիոն ցանցը այնպես, որ դրա եռանկյունները մոտավորապես լինեն հավասարակողմ եւ դասավորվեն հնարավորին չափ միջօրեականների եւ զուգահեռականների ուղղությամբ (նկ.4.2):

Եռանկյունների շարքերը միմյանց հետ կազմում են ուղղանկյուններ, որոնց կողմերը չեն գերազանցում 200 կմ-ը, իսկ յուրաքանչյուր եռանկյան կողմերի երկարությունները մոտ են 20 կմ-ի: Յուրաքանչյուր պոլիգոնի չորս անկյուններում ճշգրիտ հեռաչափի օգնությամբ չափում են եռանկյան



Նկ.4.2

կողմերից մեկի երկարությունը, թեոդոլիտով չափում են դրա թեքության անկյունը, աստղագիտական եղանակով որոշում են կողմի ազիմուտը եւ դրա ծայրակետերի լայնությունները եւ երկայնությունները:

Երկրորդ դասի եռանկյունավորման ցանցը ստեղծվում է ավելի կարճ կողմեր ունեցող եռանկյուններից, որոնք դասավորվում են 1 դասի պոլիգոնների մեջ: Նույն չափումները կատարում են նաեւ 1 դասի բազմանկյունաչափության ընթացքներում: Քանի որ 1 եւ 2 դասերի ցանցերը ստեղծելիս օգտվում են աստղագիտական չափումներից, ցանցերը անվանում են աստղագիտագեոդեզիական:

Առաջին եւ երկրորդ դասի ցանցերի կետերով զբաղեցված տարածքը խտացնում են 3-րդ եվ, այնուհետեւ, 4-րդ դասերի կետերով: Այդ դասերի ցանցերը կառուցվում են առանձին, ոչ մեծ ցանցերի տեսքով: Այնտեղ, որտեղ ձեռնտու է, եռանկյունավորման ցանցերը փոխարինվում են բազմանկյունաչափության ցանցերով: Նույն դասի բոլոր ցանցերը պետք է ապահովեն միեւնույն ճշտությունը կետերի կոորդինատները որոշելու ժամանակ:

Աղյուսակ 4.1ա

ցուցանիշներ	եռանկյունավորման դասերը				բազմանկյունաչափության դասերը			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Կողմերի երկարությունը, կմ	20 եւ ավել	7-20	5-8	2-8	20-25	7-20	3-8	0.25-2
Անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը, վայրկյան	0,7	1,0	1,5	2,0	0,7	1,0	1,5	2,0
Ելման կողմի չափման հարաբերական միջին քառակուսային սխալը	1:400000	1:300000	1:200000	1:200000	-	-	-	-
Բազմանկյունաչափության կողմի չափման հարաբերական միջին քառակուսային սխալը					1:400000	1:200000	1:100000	1:40000
Եռանկյան թույլատրելի անկապքը, վայրկյան	3	4	6	8				

Պետական գեոդեզիական ցանցերի հիմնական պարամետրերը, որոնք հաստատված են 1991 թվականին

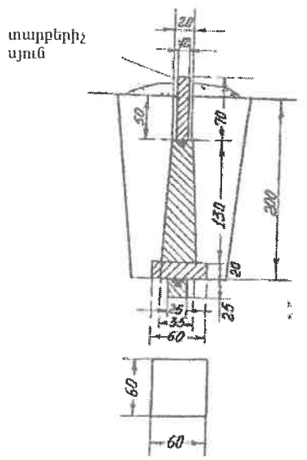
Աղյուսակ 4.1բ

N/N	Պարամետրերը	Դասերը			
		1	2	3	4
	Եռանկյունավորում				
1.	եռանկյան կողմի միջին երկարությունը , կմ	12	7	4	2
2.	Հարեւան կետերի միմյանց նկատմամբ դասավորության միջին քառակուսային սխալը, սմ	5	5	5	5
3.	Եռանկյունների անկապքների օգնությամբ հաշվարկված անկյան միջին քառակուսային սխալը, վրկ.	0,9	1,3	2,0	5
4.	Եռանկյան սահմանային անկապքը, վրկ	3,5	5	8	15
	Բազմանկյունաչափություն				
1.	Կողմի միջին երկարությունը, կմ	12	5	1	0,5
2.	Հարեւան կետերի միմյանց նկատմամբ դասավորության միջին քառակուսային սխալը, սմ	5	5	5	5
3.	Բազմանկյունների անկապքերի միջոցով հաշված անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը, ոչ ավել, վրկ.	0,9	1,3	2,0	5
4.	Կողմի չափման միջին քառակուսային սխալը, ոչ ավել, սմ	4	3	3	3
	1 եւ 2 դասի ցանցերի կետերի խտությունը՝ 1 կետ 50 կմ^2 վրա				

Համեմատաբար ոչ մեծ տարածքների վրա՝ 1:2000 եւ 1:5000 մասշտաբներով հանույթ կատարելու համար թույլատրվում է ստեղծել հանույթային ցանցեր, հենվելով միայն 3-րդ եւ 4-րդ դասերի կե-

տերի վրա, եթե բացակայում են 1-ին եւ 2-րդ դասի կետերը: Այդպիսի դեպքերում եռանկյունավորման ցանցի մեջ անհրաժեշտ է չափել առնվազն երկու կողմեր: Եթե ցանցը ստեղծվում է բազմանկյունաչափության եղանակով, ապա պոլիգոնների պարագծերի երկարությունները չպետք է գերազանցեն 3-րդ դասի համար՝ 60 կմ-ը, իսկ 4-րդ դասի համար՝ 35 կմ-ը:

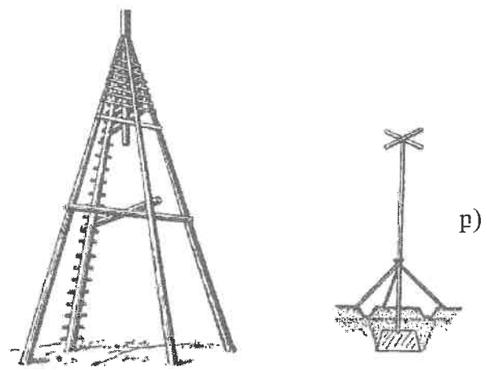
Գեոդեզիական պետական ցանցերի կետերն ստեղծվում են երկար տարիներ ծառայելու համար, ուստի դրանք անհրաժեշտ է ամրացնել գետնի մեջ հատուկ ձեւով: Ամրացման ձեւերից մեկը բերված է գծագրի վրա (նկ.4.3): Չափերը տրված են սանտիմետրերով:



Նկ.4.3

Ցանցերի կետերի վրա կառուցվում են փայտե կամ մետաղե հատուկ բուրգեր եւ ազդանշաններ, որոնք ծառայում են այդ կետերը տեսանելի դարձնելու համար: Անկյունների եւ գծերի չափման ժամանակ գործիքների դիտոցային առանցքները ուղղվում են բուրգերի գագաթներում ամրացված գլաններին, որոնց առանցքները գտնվում են համապատասխան կետերով անցնող ուղղածիգ գծերի վրա:

Երբ ցանցի կողմերի երկարությունները թույլ են տալիս տեղակայել գործիքի կալանը գետնի վրա եւ դիտոցումը կատարել բուրգի ծայրին, օգտագործում են պարզ կառուցվածք ունեցող բուրգեր (նկ.4.4ա): Երբ ցանցի կողմերի երկարությունները հասնում են 20 կմ կամ ավել, անհրաժեշտ է դառնում գործիքը բարձրացնել գետնի վրայից մինչեւ 40 մետր բարձրության վրա: Դրա համար կառուցում

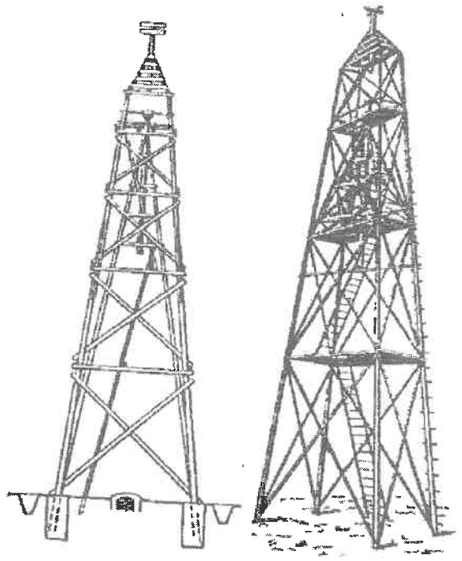


Նկ.4.4

են փայտե կամ մետաղե բարդ ազդանշաններ (նկ.4.5): Ինչպես նշվել էր, ժամանակակից տեխնիկայի նվաճումները թույլ են տալիս ազատվել նկարագրած բարդ ազդանշանների կառուցման անհրաժեշտությունից:

Լեռնային պայմաններում գեոդեզիական ցանցերի կետերի տեղը ընտրելիս աշխատում են օգտագործել բնական ռելիեֆի ձևերը՝ բլուրները եւ լեռները: Այդպիսի դեպքերում վերանում է բարդ բուրգերի եւ ազդանշանների կառուցման անհրաժեշտությունը:

Պետական գեոդեզիական ցանցերի միջին խտությունը տեղագրական հանույթներ կատարելու համար բնորոշվում է հետեւյալ տվյալներով՝ 1:5000 մասշտաբի դեպքում 20-30 կմ^2 մակերեսի վրա առնվազն մեկ եռանկյունավորման կամ բազմանկյունաչափության կետ: 1:2000 եւ ավելի խոշոր մասշտաբների դեպքում՝ մեկ կետ 5-15 կմ^2 մակերեսի վրա:



Նկ.4.5

Այսպիսով, պետական գեոդեզիական ցանցերը հիմք են հանդիսանում մնացած ցանցերի կառուցման համար: Դրանք խտացվում են 1-ին եւ 2-րդ կարգի խտացման ցանցերով, որոնց կետերի միջեւ անցկացնում են հանույթային ցանցեր եւ կառուցում են առանձին կետեր (օրինակ՝ F կետը, նկ.4.1ա):

4.2.1. Ելման գեոդեզիական տվյալներ: 1942 թվի գեոդեզիական համակարգը

Պետական գեոդեզիական ցանցերի կետերի կոորդինատները պետք է որոշվեն ընդհանուր համակարգում:

Դրա համար կետերը պրոյեկտվում են էլիպսոիդի մակերեւույթի վրա: Խնդիրը լուծելու համար անհրաժեշտ է իմանալ այդ էլիպսոիդի ճշգրիտ պարամետրերը եւ ճիշտ տեղադրել այն գեոիդի մարմնի մեջ, այսինքն, կողմնորոշել ռեֆերենց էլիպսոիդը: Դա անհրաժեշտ է հետեւյալ առումով:

Գեոդեզիական չափումներից հետո ֆիզիկական մակերեւույթի կետերը ռեֆերենց էլիպսոիդի վրա պրոյեկտելու միջոցով կարելի է ստանալ դրանց պրոյեկցիաների դիրքը միմյանց նկատմամբ միեւնույն մակերեւույթի վրա: Այդ կետերի գեոդեզիական լայնությունը՝ B-ն, եւ երկայնությունը՝ L-ը, որոշելու համար անհրաժեշտ է գիտենալ գոնե մեկ կետի կոորդինատները եւ այդ կետից ընթացող որեւէ ուղղության ազիմուտը:

Այդպիսի կետը, որից սկսվում է մնացած բոլոր կետերի կոորդինատների հաշվարկը, անվանում են ելման կետ, իսկ նշված ուղղությունը՝ ելման ուղղություն:

Ելման կետի գեոդեզիական լայնությունը՝ B_0-ն, երկայնությունը՝ L_0-ն, ելման ուղղության ազիմուտը՝ α_0-ն, եւ այդ կետում գեոիդի բարձրությունը ռեֆերենց էլիպսոիդից՝ H_0-ն, անվանում են ելման գեոդեզիական տվյալներ:

Նախկին Սովետական Միության տարածքի վրա սկսած 1946 թվականից ընդունված է 1942 թվականի գեոդեզիական կոորդինատների համակարգը:

Այդ համակարգում որպես ելման տվյալներ ընդունված են Սանկտ-Պետերբուրգի մոտ գտնվող Պուլկովո կետի կոորդինատները եւ որոշակի ուղղության ազիմուտը: Պուլկովո կետը համապատասխանում է աստղադիտարանի դահլիճի կենտրոնին: Այդ կետի գեոդեզիական կոորդինատները՝ B_0 եւ L_0, ընդունվել են հավասար չափումներից ստացված աստղագիտական կոորդինատներին՝ φ_0-ի եւ λ_0 ($B_0=\varphi_0$, $L_0=\lambda_0$), իսկ ընտրված ուղղության գեոդեզիական ազիմուտը՝ A_0, ընդունվել է հավասար ուղղության աստղագիտական ազիմուտին՝ α_0 ($A_0=\alpha_0$): Գեոիդի բարձրությունը էլիպսոիդի նկատմամբ՝ H_0-ն, ընդունվել է հավասար 0-ի ($H_0=0$): Դա նշանակում է, որ Պուլկովո կետում գեոիդի եւ ռեֆերենց էլիպսոիդի մակարդակային մակերեւույթները համընկել են:

Նշված մեծությունների տվյալներով (B_0, L_0 եւ A_0) գեոդեզիական ճշգրիտ չափումներից ստացված արդյունքների հիման վրա հաշվարկվել են 1-ին դասի պետական եռանկյունավորման ցանցի կետերի գեոդեզիական կոորդինատները (B_i, L_i) Կրասովսկու էլիպսոիդի վրա: Սակայն էլիպսոիդի վրա կետերի գեոդեզիական կոորդինատների որոշումը բավական բարդ խնդիր է, եւ ձեռնտու չէ դրանց կիրառելը տեղագրական հանույթներ կատարելու համար: Ավելի նպատակահարմար է հաշվարկները կատարել հարթ ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգում: Այդ պատճառով 2-րդ, 3-րդ, 4-րդ դասի պետական ցանցերի եւ 1-ին, 2-րդ կարգի խտացման ցանցերի կետերի կոորդինատները որոշվում են Գաուսի հարթ ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգում: 1-ին դասի ցանցերը հաշվարկվում են նաեւ գեոդեզիական կոորդինատների համակարգում:

Այսպիսով, քանի որ 1 դասի ցանցի կետերի համար հաշվարկված են լինում դրանց գեոդեզիական կոորդինատները, ապա նախ եւ առաջ անհրաժեշտ է այդ էլիպսոիդալ կոորդինատները, ինչպես նաեւ տեղանքում չափված բոլոր գծերը, անկյունները եւ ուղղությունները տեղափոխել հարթության վրա որոշակի պրոյեկտման կանոնների համաձայն: Դրանից հետո արդեն կարելի է օգտվել հարթ եռանկյունաչափության բանաձեւերից հաջորդ հաշվումների համար:

Ինչպես արդեն նշվել էր, ներկա ժամանակ գեոդեզիական հաշվարկների համար առավել նպատակահարմար է կիրառել Գաուս-Կրյուգերի ուղղանկյուն կոնֆորմ լայնական գլանային պրոյեկցիան:

Գաուս-Կրյուգերի կոորդինատային համակարգն ընդունված է Ռուսաստանում, Անգլիայում, Ավստրիայում, Բուլղարիայում եւ այլ երկրներում: Ֆրանսիայում, Հունաստանում ընդունված է կոնական կոնֆորմ պրոյեկցիան: Էլիպսոիդի մակերեւույթը պրոյեկտվում է ոչ թե գլանի, այլ կոնի մակերեւույթի վրա, որը շոշափում է էլիպսոիդին:

Հունգարիայում, Հոլանդիայում, Ռումինիայում օգտագործում են Ռուսիայի ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգը: Էլիպսոիդը պրոյեկտվում է տարածագրության օրենքներով հարթության վրա: Որպես կոորդինատային համակարգի սկզբնակետ ընդունվում է տարածքի մեջտեղում գտնվող կետի պատկերը, իսկ որպես X առանցք ծառայում է այդ կետով անցնող միջօրեականը: Մասշտաբը ավելանում է սկզբնակետից սկսած բոլոր ուղղություններով, եւ դրանով է պայմանավորվում պրոյեկցիայի կիրառման նպատակահարմարությունը այն տարածքների համար, որոնք ունեն կլորացված ուրվագծեր: Նշված համակարգը կիրառելի է համեմատաբար փոքր տարածքներ ունեցող երկրների համար, երբ կարելի է սահմանափակվել ամբողջ տարածքի համար մեկ սկզբնակետով:

Գաուսի կոորդինատները ունեն հետեւյալ արժեքավոր հատկությունները:

1) Հնարավորություն է ստեղծվում միեւնույն կոորդինատային համակարգի մեջ ընդգրկել մեծ տարածքներ (զոնաները ծգված են բեւեռից բեւեռ) եւ, որպես հետեւանք, կոորդինատային համակարգերի քանակը՝ նույնիսկ ամբողջ երկրագնդի համար, ստացվում է ոչ շատ մեծ;
2) Կոորդինատային համակարգերը միատեսակ են;
3) Հաշվարկման համար օգտագործվող բանաձեւերը պարզ են;
4) Մասշտաբի փոփոխությունը կատարվում է դանդաղ;
5) Գծերի աղավաղումները որոշվում են առանց դժվարությունների:

Այժմ 1942թ. կոորդինատային համակարգը (СК-42) կատարելագործվում է արբանյակային չափումների հիման վրա: Ռուսաստանում ստեղծված է СК-95 համակարգը, որը առաջարկվում է ընդունել որպես նոր միասնական համակարգ:

СК-42 համակարգում կոորդինատները ցանցի մի կետից մյուսը փոխանցելիս սխալները կարող են հասնել 10-20 սմ: Արբանյակային չափումների օգնությամբ ստեղծված СК-95 համակարգի կիրառման դեպքում կոորդինատները փոխանցվում են 10 մմ $\sqrt{S}$ սխալով, որտեղ S-ը կետերի միջեւ եղած հեռավորության մեջ կիլոմետրերի թիվն է: Հարակից կետերի միմյանց նկատմամբ դասավորության ճշտությունը գնահատվում է 1:500000-1:300000 հարաբերական սխալով (երբ կետերի միջին հեռավորությունը 12 կմ է):

СК-42 համակարգը ստեղծվելու ժամանակ ընդունվել է, օբյեկտիվ պատճառներից ելնելով, պետական գեոդեզիական ցանցի ստեղծման բազմաստիճանային սկզբունքը:

1 դասի ցանցի եռանկյունները, ինչպես արդեն նշվել էր, դասավորվել են միջօրեականների եւ զուգահեռականների ուղղությամբ՝ կազմելով մոտ 800 կմ պարագծեր ունեցող բազմանկյուններ:

СК-95 համակարգը հիմնված է պետական գեոդեզիական ցանցերի կառուցման համատարած սկզբունքի վրա: Օրինակ՝ քաղաքներում նախատեսվում է ընդգրկել արբանյակային չափումների մեթոդով պետական 1-ին, 2-րդ, 3-րդ, 4-րդ դասերի բոլոր պահպանված կետերը, ձգտելով հասցնել կարգավորվածի ցանցի խտությունը մինչեւ 1 կետ՝ յուրաքանչյուր 5-6 կմ^2-ի վրա: Այս ճանապարհով պետք է ստեղծվեն տեղային, տվյալ տարածքի համար անհրաժեշտ բարձր ճշտություն ունեցող ցանցեր: Դրանք կարող են ապահովել քաղաքի տարածքում կատարվող բոլոր տեղագրական հանույթները: Միեւնույն ժամանակ առանձին տեղային ցանցերը կարող են կապվել միմյանց հետ ավելի ցածր ճշտություն ունեցող պետական գեոդեզիական ցանցերի օգնությամբ: Տվյալ դեպքում չի պահանջվում այն ճշտությունը, որն անհրաժեշտ է ներքին կարիքները բավարարելու համար:

Տեղին է նշել, որ յուրաքանչյուր քաղաքում գոյություն ունի տեղական կոորդինատային համակարգ (ՏԿՀ), եւ այդ առումով իմաստ չունի խոսել դրանց միմյանց հետ կապակցման մասին, քանի որ այդ դեպքում կկորի ՏԿՀ-ի առավելությունը, այսինքն, դրա մոտիկությունը երկրի ֆիզիկական մակերեւույթին: Հայտնի է, որ քաղաքային գեոդեզիական ցանցերը պետք է նախագծվեն այնպես, որ դրանք պրոյեկտվեն տվյալ ֆիզիկական մակերեւույթին հնարավորին չափով մոտ հարթության վրա: Դրանց ճշտությունը պետք է ապահովի կայուն կետերի դիրքի որոշումը ոչ ավել 0,4M մմ սխալով մոտակա հանույթային ցանցի կետերի նկատմամբ (M-ը հանույթի մասշտաբի հայտարարն է):

Մետրոշինի պահանջները գեոդեզիական ցանցերի ճշտության նկատմամբ էլ ավելի մեծ են: Մեծ մասամբ քաղաքներում գոյություն ունեցող գեոդեզիական ցանցերը չեն բավարարում ժամանակակից պահանջներին եւ այդ պատճառով պետք է արդիական համարել այն աշխատանքները, որոնք ուղղված են գեոդեզիական քաղաքային ցանցերի վերակառուցմանը արբանյակային ճշգրիտ մեթոդները կիրառելու միջոցով:

4.3. Խտացման գեոդեզիական ցանցեր

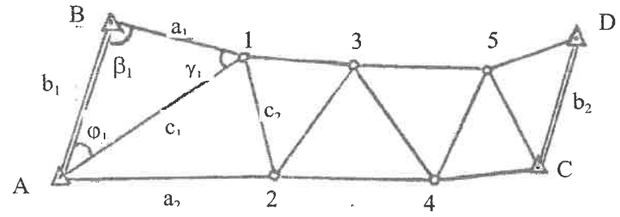
Խտացման ցանցերը հիմնվում են պետական ցանցերի կետերի վրա: Հատակագծային խտացման ցանցերի ստեղծման համար հիմնականում օգտվում են եռանկյունավորման, բազմանկյունաչափության եւ տրիլատերացիայի մեթոդներից կամ դրանց համակցությունից:

Խտացման ցանցերը իր հերթին ենթաբաժանվում են 1-ին եւ 2-րդ կարգերի: Այդ կարգերին համապատասխանող եռանկյունավորման ցանցերը ստեղծվում են եւ՛որպես ցանցեր, եւ՛ որպես առանձին կետեր: Այս վերջին դեպքում յուրաքանչյուր կետը պետք է որոշվի եռանկյունուց, որի մեջ պետք է չափվեն բոլոր անկյունները: Ուղիղ հատումների եղանակը կիրառելու դեպքում հատումը կատարվում է առնվազն երեք կետից: Առաջին եւ երկրորդ կարգի խտացման ցանցերի կառուցման մոտավոր սխեմաները ներկայացված են գծագրերի վրա (նկ.4.6÷4.10): Այդ ցանցերի պարամետրերը բերված են աղյուսակում (աղ.4.2):

Աղյուսակ 4.2

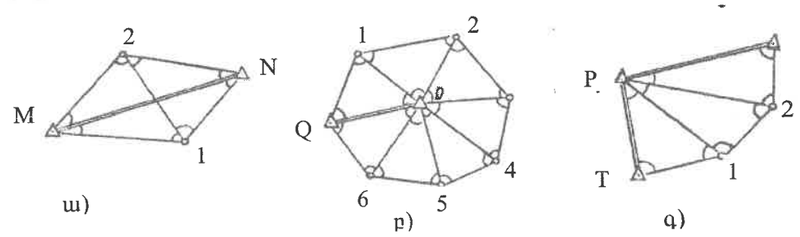
Խտացման ցանցերի բնութագրերը	կարգ	
	1	2
A. Եռանկյունավորում		
Եռանկյան կողմի երկարությունը, կմ	0,5-5	0,25-3
Ելման կողմի հարաբերական սահմանային սխալը, ոչ ավել	1:25000	1:10000
Որոշվող կողմի ամենաթույլ տեղում, ոչ ավել	1:10000	1:5000
Եռանկյան անկյան նվազագույն արժեքը	20°	20°
Եռանկյան մեջ անկյաքի թույլատրելի արժեքը	20"	40"
Չափված անկյան միջին քառակուսային սխալը	5"	10"
Եռանկյունների շղթայի սահմանային երկարությունը, կմ	5	3
B. Բազմանկյունաչափություն		
Ընթացքի երկարությունը հանգուցային կետերի կամ ելման եւ հանգուցային կետերի միջեւ, կմ	3	2
Պոլիգոնի պարագիծը, ոչ ավել , կմ	15	10
Ընթացքի կողմի երկարությունը, կմ	0,12-0,80	0,08-0,35
Կողմերի թիվը ընթացքի մեջ, ոչ ավել	15	15
Ընթացքի երկայնական հարաբերական անկապը	1:10000	1:5000
Անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը	5"	10"
Թույլատրելի անկյունային անկապը (n՝ ընթացքի անկյունների թիվը)	$10"\sqrt{n}$	$20"\sqrt{n}$

Այդպիսի ցանցերը ստեղծվում են տիպային եռանկյունավորման պատկերների տեսքով, որոնք են. երկու ելման հայտնի b_1 եւ b_2 բազիսների միջեւ եռանկյունների շղթան (նկ.4.6), գեոդեզիական քառանկյունին (նկ.4.7ա), գեոդեզիական կենտրոնական համակարգը (նկ.4.7բ), ներդրում ելման անկյան մեջ (նկ.4.7գ) եւ դրանց համակցությունը (նկ.4.7 դ):

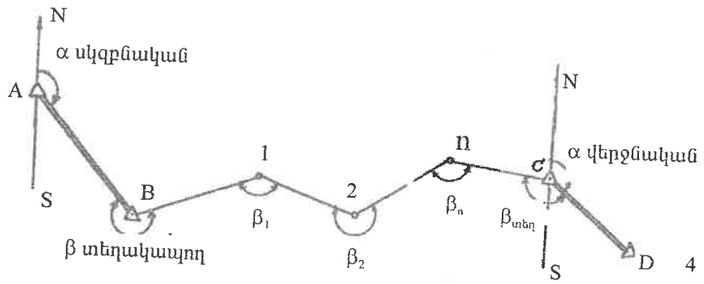


Նկ.4.6

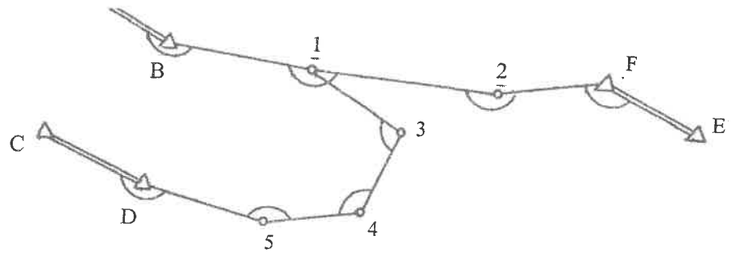
Բազմանկյունաչափության եղանակով ստեղծվող ցանցերի օրինակները բերված են գծագրերի վրա (նկ.4.8÷4.10): Եզակի բազմանկյունաչափության ընթացքը ցույց է տրված նկ.4.8-ի վրա, հանգույցներ ունեցող ընթացքների համակարգը՝ նկ.4.9-ի վրա, իսկ բազմանկյունների տեսքով խտացման ցանցը՝ նկ.4.10-ի վրա:



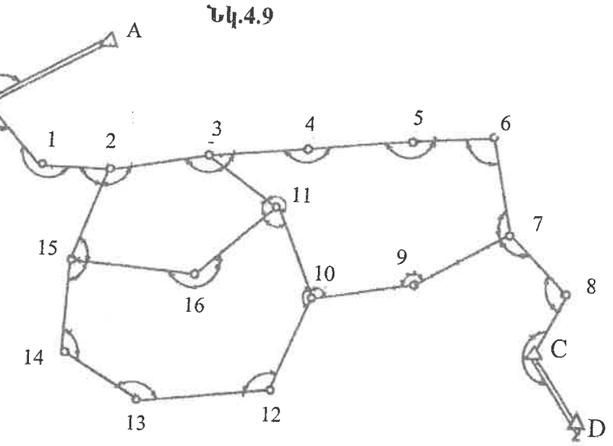
Նկ. 4.7



Նկ.4.8



Նկ.4.9



Նկ.4.10

Դիտարկված ցանցերը ստեղծելու համար որպես ելման կետեր ծառայում են պետական 1÷4 դասերի ցանցերի կետերը, որոնք գծագրերի վրա (նկ.4.6÷4.10) նշված են լատինական այբուբենի մեծատառերով:

Խտացման ցանցեր իրականացնելիս հաշվի են առնում տեղամասի ռելիեֆը, տեղական պայմանները եւ ցանցերի կիրառման նպատակները: Նախագիծը կազմվում է 1:10000-1:25000 մասշտաբի հատակագծերի վրա:

Կետերի վերջնական տեղը ճշտվում է մանրամասն հետախուզումից հետո: Անհրաժեշտ է, որպեսզի կետերը տեղադրվեն բարձունքների վրա այնպես, որ դրանք չվնասվեն գյուղատնտեսական աշխատանքների ժամանակ:

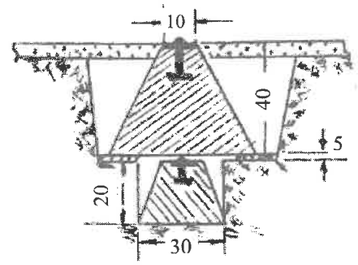
Հորիզոնական անկյունները չափվում են ճշգրիտ 2T5, 2T5K, 3T5K թեոդոլիտներով շրջանային նվագների եղանակով՝ 4 եւ 3 նվագներով:

Համատարած խտացման ցանցերի դեպքում, երբ ցանցի կետերը պատում են ամբողջ հանույթվող տարածքը, ցանցի եռանկյունների անկյունները չպետք է լինեն 20°-ից փոքր, իսկ հատումների եղանակը կիրառելիս պետք է ձգտել հատման կետում ստացված անկյունը պահպանել 30°-150° սահ-

մաններում: Տեղամասի վրա խտացման ցանցի կետերը ամրացվում են տարբեր սարքերով, որոնցից մենք ցույց է տրված գծագրի վրա (նկ.4.11), իսկ տեսանելիության համար օգտագործում են հասարակ բուրգեր կամ որոշակի՝ (5-10)սմ հաստություն ունեցող ձողեր (նկ.4.4բ):

Պետական եւ խտացման հատակագծային ցանցերի ընդհանուր խտությունը պետք է լինի այնպիսին, որ յուրաքանչյուր 1 կմ² մակերեսի վրա գտնվի 4 կետ բնակելի տարածքների համար եւ 1 կետ՝ ոչ բնակելի տարածքների դեպքում:

Ճարտարագիտական կառուցվածքներ իրագործելիս գեոդեզիական ցանցի խտությունը կարող է հասնել մինչեւ 8 կետի՝ 1 կմ² մակերեսի վրա:



Նկ.4.11

4.4 Ընդհանուր տեղեկություններ հանույթային ցանցերի եւ գեոդեզիական հանույթների մասին

Նախորդ դրվագում նկարագրված պետական եւ խտացման գեոդեզիական ցանցերը, վերջին հաշվով, ծառայում են գեոդեզիական հանույթներ կատարելու համար, այդ նպատակով նշված ցանցերի կետերը հիմք են հանդիսանում հանույթվող տարածքի վրա լրացուցիչ կետեր ստեղծելու համար:

Անմիջապես այս կամ այն մասշտաբի հանույթի դեպքում օգտագործվող հենման կետերի համակարգը ընդունված է անվանել հանույթային ցանց, կամ աշխատանքային հիմնավորում: Հանույթի ընթացքում որոշում են առարկաների եզրագծերի բնորոշ կետերի դասավորությունը հանույթային ցանցի կողմերի եւ գագաթների նկատմամբ եւ, վերջին հաշվով, միմյանց նկատմամբ:

Հանույթային ցանցի գագաթների նկատմամբ որոշում են նաեւ տեղամասի ռելիեֆի բնորոշ կետերի վերազանցումները, որոնց միջոցով հաշվարկում են այդ կետերի նիշերը: Բացի այդ որոշում է նաեւ դրանց հատակագծային դիրքը: Տեղադրելով ռելիեֆի բնորոշ կետերը հատակագծի վրա եւ օգտագործելով դրանց նիշերը՝ արտահայտում են ռելիեֆը հորիզոնականներով:

Եթե գեոդեզիական հանույթի ընթացքում որոշում են միայն կետերի հատակագծային դիրքը եւ, որպես արդյունք, ստանում են եզրագծային հատակագիծ, հանույթը անվանում են հորիզոնական: Եթե հանույթի ընթացքում որոշում են միայն կետերի նիշերը, դրան անվանում են ուղղաձիգ կամ բարձունքային: Ռելիեֆային հատակագիծ կամ քարտեզ ստանալու համար անհրաժեշտ է նույն տարածքի վրա կատարել եւ՛ հորիզոնական, եւ՛ ուղղաձիգ հանույթներ: Այդ աշխատանքը կարող է կատարվել ինչպես երկու տարբեր գործիքներով, օրինակ, թեոդոլիտով եւ մակարդակաչափով, այնպես էլ մեկ գործիքով՝ թեոդոլիտ-տախեոմետրով կամ տախեոմետրով (գլուխներ 6, 7, 9):

Այսպիսով, տարբերում են հորիզոնական, ուղղաձիգ եւ համատեղ հանույթներ: Վերջինս անվանում են նաեւ տեղագրական հանույթ:

Հանույթների արդյունքները կարող են ներկայացվել ոչ միայն հատակագծերի եւ քարտեզների ձեւով, այլ նաեւ տեղանքի թվային մոդելի ձեւով, այսինքն, վերլուծական տեսքով:

Ըստ իրենց բովանդակության, երկրի մակերեւույթի վրա կատարվող հանույթները հատակագծեր եւ քարտեզներ ստանալու հետ մեկտեղ նպատակ ունեն լուծելու հետեւյալ երկու կարեւոր խնդիրները:

1. Ստանալ տեղանքի որոշակի կետերի (թաղամասերի անկյունների, առանձին խոշոր շենքերի եւ կառուցվածքների անկյունների եւ այլն) հատակագծային կոորդինատները՝ համապատասխան նախօրոք տրված առաջադրանքի համաձայն:

2. Որոշել նշված օբյեկտների առաձգիկ անհրաժեշտ կետերի նիշերը: Կախված նրանից, թե երկրի մակերեւույթի հանույթի ժամանակ հիմնականում ինչպիսի գործիք է օգտագործվել, հանույթները անվանում են թեոդոլիտային, տախեոմետրային, մակերեւույթի մակարդակաչափում, օդալուսանկարչական, ֆոտոթեոդոլիտային, մենզուլային եւ համակցված (կոմբինացված):

Թեոդոլիտային հանույթը հորիզոնական հանույթ է, դրա արդյունքում ստացվում է եզրագծային հատակագիծ: Տախեոմետրային հանույթը համատեղ հանույթ է՝ եւ՛ հորիզոնական, եւ՛ ուղղաձիգ: Դա կատարվում է տախեոմետր կոչվող թեոդոլիտով ու հանդիսանում է հիմնական հանույթներից մեկը: Մակերեւույթի մակարդակաչափումը նույնպես համատեղ հանույթ է, սակայն դա կատարվում է երկու տարբեր գործիքներով: Մենզուլային հանույթը կարող է լինել կամ հորիզոնական, կամ համատեղ հանույթ եւ կատարվում է մենզուլ գործիքի լրակազմով:

Օդալուսանկարահանույթը կատարվում է թռչող սարքերից, դրա արդյունքում ստանում են կամ եզրագծային հատակագծեր, կամ էլ ռելիեֆային հատակագծեր եւ քարտեզներ: Այս երկրորդ դեպքում հանույթը կոչվում է ստերեոֆոտոգրամետրիկ:

Ֆոտոթեոդոլիտային հանույթը կատարվում է երկրի մակերեւույթի վրա տեղակայվող ֆոտոթեոդոլիտ կոչվող սարքով:

Կախված նրանից, թե ինչպես են մշակվում տեղամասի լուսանկարչական պատկերները, դրա արդյունքում կարելի է ստանալ թե՛ եզրագծային եւ թե՛ ռելիեֆային հատակագիծ:

Համակցված հանույթի ժամանակ տեղամասի լուսանկարահանումը կատարվում է ինքնաթիռից, եւ ստացված լուսանկարների վրա, որոնք մշակումից հետո, փաստորեն, ներկայացնում են եզրագծային հատակագծեր, ուղղաձիգ հանույթի օգնությամբ արտահայտում են ռելիեֆը: Համակցված հանույթը կատարում են այն վայրերում, որտեղ ռելիեֆը թույլ է արտահայտված:

4.5. Թեոդոլիտային հանույթ

Թեոդոլիտային հանույթը սովորաբար կիրառվում է հարթ բնույթ ունեցող տարածքներում, երբ լանջերի թեքությունները մեծ չեն, եւ տեղանքի ռելիեֆը մեծ դեր չի խաղում:

Այդ հանույթի դաշտային նյութերի հիման վրա կազմում են 1:5000, 1:2000, կամ ավելի խոշոր մասշտաբի եզրագծային հատակագծեր՝ ոչ մեծ մակերես ունեցող տեղամասերի դեպքում (մի քանի հարյուր կամ հազար հեկտար): Թեոդոլիտային հանույթը լայնորեն կիրառվում է հողաշինարարական աշխատանքներում, անտառատնտեսության մեջ, բնակելի վայրերի հատակագծերը կազմելու համար, արդյունաբերական հրապարակները հանույթելիս եւ այլն: Այն դեպքերում, երբ բացի իրադրությունից հատակագծի վրա անհրաժեշտ է արտահայտել նաեւ ռելիեֆը, թեոդոլիտային հանույթից հետո երկրաչափական մակարդակաչափումով որոշում են ռելիեֆի բնորոշ անհրաժեշտ կետերի բարձրությունները: Դա արվում է այն դեպքերում, երբ պահանջվում է կետերի նիշերը ստանալ բարձր ճշտությամբ, օրինակ, օդաճավակայան կառուցելու համար: Այդ դեպքում կատարվող հանույթը կոչվում է մակերեւույթի մակարդակաչափում:

Թեոդոլիտային հանույթի ժամանակ ռելիեֆային հատակագծեր ստանալու համար օգտագործում են նաեւ մենզուլը: Այս դեպքում թեոդոլիտային հանույթի մեթոդով որոշում են միայն հանույթային ցանցի գագաթների դիրքը (դրանց ուղղանկյուն կոորդինատները) միմյանց նկատմամբ, իսկ մասնամասնությունները եւ ռելիեֆը հանույթում են մենզուլով:

Մեծ մակերեսներ ընդգրկող տարածքները հանույթելու համար, օրինակ, ամբողջ Հայաստանը, կիրառում են օդալուսանկարչական հանույթ: Լուսանկարչական ապարատի միջոցով, որը տեղավորված է լինում ինքնաթիռի վրա, հաջորդաբար լուսանկարահանում են մեկը մյուսին հաջորդող հողակտորները: Ստացված արդյունքների հիման վրա հատուկ սարքերի միջոցով դրանք մշակելուց հետո կառուցում են հատակագծերը: Այսպիսի դեպքերում թեոդոլիտային հանույթի միջոցով նախօրոք որոշում են հենման ցանցերի կետերի կոորդինատները:

Թեոդոլիտային հանույթը այսօր մեծ կիրառում է ստանում կադաստրային աշխատանքների ժամանակ:

4.5.1. Հանույթային ցանցեր, թեոդոլիտային ընթացքներ

Տեղագրական հանույթներ կատարելու համար ստեղծում են հանույթային ցանցեր, որոնք հենվում են պետական եւ խտացման ցանցերի կետերի եւ մակարդակաչափման ցանցերի կետերի վրա:

Հանույթային ցանցերը զարգացվում են եռանկյունավորման եւ բազմանկյունաչափության եղանակներով:

Թեոդոլիտային հանույթ կատարելիս հանույթային ցանցերը մեծ մասամբ կառուցում են թեոդոլիտային ընթացքների ձեւով:

Թեոդոլիտային ընթացք են անվանում բազմանկյան ձեւ ունեցող գծերի հաջորդաբար դասավորությունը տեղամասի վրա, որոնց գագաթները համապատասխան ձեւով ամրացված են գետնի մեջ:

Թեոդոլիտային ընթացքները կարող են տարածվել բաց եւ փակ բազմանկյունների տեսքով, որոնց գագաթները հանդիսանում են հանույթի բանվորական հիմքի կետը:

Փակ ընթացքները կազմում են բազմանկյուններ (պոլիգոններ): Ընթացքի գագաթներում առաջացած անկյունների հորիզոնական պրոյեկցիաները եւ կողմերի թեքության անկյունները չափվում են տեխնիկական կամ ճշգրիտ թեոդոլիտներով (T30, 2T30, T15, T5), իսկ կողմերի երկարությունները՝ պողպատյա ժապավենով, չափերիզով, օպտիկական կամ էլեկտրամագնիսական (լուսային) հեռաչափերով՝ 1:2000÷1:5000 եւ ավելի փոքր հարաբերական սխալով:

Բարձր ճշտության թեոդոլիտային ընթացքները փաստորեն իրենցից ներկայացնում են բազմանկյունաչափության ցանցեր: Ի տարբերություն թեոդոլիտային ընթացքների բազմանկյունաչափության ընթացքները ձգտում են անցկացնել այնպես, որ կողմերի երկարությունները մոտ լինեն միմյանց, եւ կողմերով կազմված անկյունները մոտ լինեն 180°-ի: Հորիզոնական անկյունները չափվում են բարձր ճշտության թեոդոլիտներով (T2, T1), իսկ կողմերի երկարությունները՝ ճշգրիտ հեռաչափերով: Այդ նպատակով արդեն օգտագործում են նաեւ էլեկտրոնային տախեոմետրեր (TC605, TC805 եւ այլն): Ապագայում դրա համար, անշուշտ, կկիրառվեն GPS համակարգերը:

Հանույթային ցանցը կարող է ստեղծվել մի քանի ընթացքների ձեւով, որոնց հատման կետերը կոչվում են հանգուցային կետեր (նկ.4.9): Այն դեպքերում, երբ ցանցն ունի պոլիգոնի ձեւ, դրա ներսում անց են կացվում լրացուցիչ ընթացքներ, որոնք անվանում են անկյունագծային ընթացքներ (նկ.4.10): Դրանք օգտագործում են պոլիգոնի ներսում գտնվող իրադրությունը եւ ռելիեֆը հանույթելու համար: Անկյունագծային ընթացքի սկզբնական եւ վերջնական կետերը համընկնում են տվյալ պոլիգոնի գագաթների հետ:

Ոչ մեծ մակերեսներ ունեցող հողակտորների դեպքում (1-2 կմ^2) հանույթային ցանցը կարող է ստեղծվել մեկ բաց կամ փակ թեոդոլիտային ընթացքի ձեւով:

Ընթացքների կողմերի երկարությունները տատանվում են լայն սահմաններում՝ 20-350 մ, միջին հաշվով հավասար լինելով 200-250 մետրի: Թեոդոլիտային ընթացքների ձեւով հանույթային ցանցերը ստեղծվում են այն դեպքերում, երբ հանույթվող մակերեսը չի գերազանցում 250 հեկտարը:

Ցանցի գագաթների խտությունը 1:5000 մասշտաբի դեպքում պետք է լինի ոչ պակաս 4 կետից՝ յուրաքանչյուր 1 կմ^2 վրա, 1:2000 մասշտաբի դեպքում՝ 12 կետից, 1:1000 մասշտաբի համար՝ 16 կետից, իսկ 1:500 մասշտաբի համար՝ 32 կետից:

Թեոդոլիտային ընթացքների գագաթների կոորդինատները հաշվում են կամ՛ ընդհանուր պետական համակարգում, կամ՛ մասնավոր ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգում, որն ընդունված է տվյալ տեղամասի համար:

Բոլոր դեպքերում թեոդոլիտային ընթացքները պետք է տեղակապվեն պետական ցանցի կետերի հետ, որոնց կոորդինատները հայտնի են: Գոյություն ունի մի քանի տեղակապման եղանակ: Ամենապարզ դեպքում պետական ցանցի կետերից մեկը կամ մի քանիսը համատեղվում են թեոդոլիտային ընթացքի գագաթների հետ (նկ.4.8-4.10):

Բաց ընթացքների դեպքում ձգտում են տեղակապումը կատարել այնպես, որ ընթացքի սկզբնակետը՝ B-ն, եւ վերջնակետը՝ C-ն (նկ.4.8), համատեղվեն պետական ցանցին պատկանող հենման կետերի հետ: Այդ համատեղված կետերից անպայման պետք է երեւան մեկական պետական ցանցի կետերը (A եւ D կետերը): Քանի որ A, B, C եւ D կետերի կոորդինատները հայտնի են, ապա հայտնի են նաեւ AB եւ CD ուղղությունների դիրեկցիոն անկյունները՝ $\alpha_{\text{սկզբնական}}$ եւ $\alpha_{\text{վերջնական}}$, որոնք միեւնույն ժա-

մանակ կլինեն ընթացքի առաջին եւ վերջին կողմերի դիրեկցիոն անկյունները: Ընթացքի սկզբի եւ վերջի կետերում թեոդոլիտով չափում են հորիզոնական տեղակապող $\beta_{տեղակապ.}$ եւ $\beta'_{տեղակապ.}$ անկյուններ:

Փակ թեոդոլիտային ընթացքների դեպքում, որոնք սկսվում եւ վերջանում են միեւնույն կետում, տեղակապման համար բավական է բազմանկյան որեւէ կետը՝ I-ը, (նկ.1.10ա) համատեղել պետական ցանցի մոտակա կետերից մեկի հետ (B): Այդ դեպքում որպես տեղակապող կծառայեն EB ուղղության դիրեկցիոն α անկյունը, β, β' հորիզոնական անկյունները եւ B կետի ուղղանկյուն կոորդինատները:

Եթե չի հաջողվում համատեղել թեոդոլիտային ընթացքի գագաթներից մեկը պետական ցանցի կետի հետ, տեղակապումը իրականացնելու համար անց են կացնում լրացուցիչ ընթացք (նկ.4.10):

Բաց թեոդոլիտային ընթացքը, որը տեղակապված է միայն մեկ կետում, կոչվում է կախված: Այն դեպքում, երբ թեոդոլիտային ընթացքները չեն տեղակապված պետական ցանցի հետ, դրանք անվանում են ազատ ընթացքներ:

Կախված թեոդոլիտային ընթացքների երկարությունները չպետք է գերազանցեն կառուցապատված տարածքների դեպքում 350 մ՝ 1:5000, 200 մ՝ 1:2000, 150 մ՝ 1:1000 եւ 100 մ՝ 1:500 թույլատրելի սահմանները տարբեր մասշտաբների դեպքում:

Նկարագրված հանույթային ցանցերը կոչվում են հատակագծային, քանի որ ծառայում են եզրագծային հանույթների համար:

Համատեղ տեղագրական հանույթներ կատարելիս որոշում են ոչ միայն հենման կետերի ուղղանկյուն կոորդինատները, այլ նաեւ այդ կետերի նիշերը: Եթե թեոդոլիտային ընթացքների գագաթների բարձրությունները որոշվում են երկրաչափական մակարդակաչափման միջոցով, դրանք կոչվում են թեոդոլիտային մակարդակաչափման ընթացքներ, իսկ եթե որոշվում են եռանկյունաչափական մակարդակաչափումով, կոչվում են թեոդոլիտային բարձունքային ընթացքներ:

Եթե հանույթային ցանցը ստեղծվում է եռանկյունների ճեւով, դրան անվանում են միկրոեռանկյունավորում կամ միկրոտրիլատերացիա: Եռանկյունների կողմերը, համեմատած եռանկյունավորման հետ, կարճ են լինում (մի քանի հարյուր մետր):

Հանույթային ցանցերի գագաթների ամրացումը կատարվում է այնպես, ինչպես նկարագրված է § 3.1.1-ում:

Թեոդոլիտային ընթացքների գագաթները ասֆալտապատված մակերեւույթների վրա նշվում են երկաթե մեխերով, որոնց շուրջը յուղաներկով գծվում են 10-12 սմ տրամագիծ ունեցող շրջանագծեր: Ինտենսիվ երթեւեկության դեպքում անհրաժեշտ է նշումներ անել կետերի առկայության մասին մոտակայքում գտնվող պարիսպների եւ պատերի վրա:

Քետոնե մակերեսների վրա ընթացքի կետերը նշվում են յուղաներկով գծված երկու փոխուղղահայաց, 5 մմ հաստության գծերով, հատման կետի շուրջը գծվում է շրջանագիծ: Ընթացքի կետերը նշահարելիս սխեմա են կազմում, որի վրա նշում են թեոդոլիտային ընթացքի կետերը եւ գծերը (նկ.4.14):

Հանույթային ցանցերի գագաթները ամրացվում են մշտական նշաններով այն դեպքերում, երբ ենթադրվում է դրանց երկարատեւ շահագործումը:

Եթե հանույթային ցանցը իրենից ներկայացնում է ինքնուրույն ցանց, որը թույլատրվում է մեկ քառակուսի կիլոմետրից ոչ ավել չափեր ունեցող մակերեսների հանույթների դեպքում, ապա ցանցի գագաթների 1/5-րդը ամրացվում է կայուն, երկարատեւ նշաններով:

Հանույթային ցանցեր ստեղծելիս խորհուրդ է տրվում օգտագործել տեղանքում գտնվող առարկաները, կապիտալ շենքերի անկյունները, ստորգետնյա հաղորդակցական հորերի կենտրոնները եւ այլն:

Հանույթային ցանցերի ստեղծման այս կամ այն եղանակի ընտրությունը որոշվում է տեխնիկատնտեսական հաշվարկների հիման վրա եւ շրջանի պայմաններից ելնելով:

Սովորաբար քիչ կառուցապատված բլուրային բաց տեղանքներում ձեռնտու է զարգացնել եռանկյունավորման ցանցեր եւ կիրառել եռանկյունաչափական մակարդակաչափում:

Համեմատաբար քիչ բնակեցված եւ անտառապատ շրջաններում ձեռնտու է անցկացնել թեոդոլիտային ընթացքներ: Ընդհանուր առմամբ, նպատակահարմար է օգտվել նշված երկու մեթոդներից համատեղ:

Հատակագծային հանույթային ցանցի կետերի դիրքը հավասարակշռումից հետո մոտակա խտացման ցանցերի կետերի նկատմամբ պետք է որոշվի ոչ ավել սահմանային՝ $\Delta P=0,4$մմ·M, սխալով, որտեղ M-ը թվային մասշտաբի հայտարարն է: Կապիտալ եւ բարձրահարկ շենքերով կառուցապատված տարածքների հատակագծերի վրա այդ շինությունների եզրագծերի միմյանց մոտ գտնվող կետերի դիրքի սահմանային սխալները չպետք է գերազանցեն 0,4 մմ·M-ը: Միջին քառակուսային սխալը՝ m_s, պետք է փոքր լինի 0,2 մմ·M-ից:

Թեոդոլիտային ընթացքների հարաբերական սահմանային սխալները՝ $\frac{f_s}{[s]} = \frac{1}{N}$, որտեղ [S]-ը ընթացքի պարագիծն է, կարող են լինել 1:3000, 1:2000, 1:1000:

4.5.2. Թեոդոլիտային ընթացքների նախագծումը

Թեոդոլիտային ընթացքները նախագծվում են գոյություն ունեցող ամենախոշոր մասշտաբի տեղագրական քարտեզների վրա, որտեղ նշվում են այն տեղամասերի սահմանները, որոնց ավելի խոշոր մասշտաբի հանույթը նախատեսվում է կատարել: Նշվում են նաեւ գոյություն ունեցող պետական եւ տեղական ցանցերի կետերը, որոնց կոորդինատները հայտնի են: Դրանից հետո ճշգրտում են թեոդոլիտային ընթացքների երկարությունները, որոնք կախված են հանույթի մասշտաբից եւ սահմանափակվում են համապատասխան հրահանգներում (աղ.4.3ա) [19]:

Աղյուսակ 4.3 ա

մասշտաբ	երբ $\Delta P_{սահմ.}=0,2$ մմ·M			երբ $\Delta P_{սահմ.}=0,3$ մմ·M	
	$\frac{f_s}{[s]} = \frac{1}{3000}$	$\frac{f_s}{[s]} = \frac{1}{2000}$	$\frac{f_s}{[s]} = \frac{1}{1000}$	$\frac{f_s}{[s]} = \frac{1}{2000}$	$\frac{f_s}{[s]} = \frac{1}{1000}$
ընթացքների թույլատրելի երկարությունները ելման կետերի միջեւ (կմ)					
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,0	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,0
1:500	0,9	0,6	0,3	-	-

Եթե ընթացքը անցկացվում է ելման եւ հանգուցային, կամ երկու հանգուցային կետերի միջեւ, աղյուսակում բերված թվերը պակասեցվում են 30%-ով:

Անկյունային անկապաքները թեոդոլիտային ընթացքներում չպետք է գերազանցեն $f_\beta = \pm 60'' \sqrt{n}$, որտեղ n-ը ընթացքի անկյունների թիվն է:

Այսպիսով, ըստ ճշտության թեոդոլիտային ընթացքները կարելի է բաժանել երեք տարակարգի:

Որոշ դեպքերում թեոդոլիտային ընթացքների գագաթները եւ կողմերը ընտրվում են անմիջապես դաշտում (առանց նախնական նախագծի) գծերի եւ անկյունների չափման հետ միաժամանակ:

Բոլոր դեպքերում պահանջվում է պահպանել հետեւյալ պայմանները:

1. Թեոդոլիտային ընթացքների դասավորությունը պետք է բավարարի դրանց առջեւ դրված նպատակներին: Օրինակ՝ բնակեցված վայրերի հանույթը կատարելու համար թեոդոլիտային ընթացքները անց են կացվում փողոցների եւ նրբափողոցների ուղղությամբ: Ճանապարհներ կամ ջրանցքներ կառուցելու համար թեոդոլիտային ընթացքները աշխատում են անցկացնել հետագա կառուցվածքի առանցքով, գետերի հանույթի համար նախատեսվող ընթացքները անց են կաց ում դրանց ափերի ուղղությամբ եւ այլն:

2. Ցանցի կետերը պետք է լինեն անհրաժեշտ խտության, ընթացքների երկարությունը հանգուցային կետերի միջեւ կամ հայտնի կոորդինատներ ունեցող պետական ցանցի կետերի միջեւ չպետք է գերազանցեն աղյուսակում բերված թույլտվածքները (աղ.4.3ա):
3. Անհրաժեշտ է հնարավորին չափ ձգտել, որպեսզի ընթացքի անկյունները մոտ լինեն 180°-ի, իսկ կողմերի երկարությունները ձգված ընթացքների դեպքում շատ չտարբերվեն մեկը մյուսից: Իսկ, ընդհանուր առմամբ, թեոդոլիտային ընթացքներում գծերի նվազագույն երկարությունները կարող են լինել կառուցապատված տարածքների համար 20 մ, իսկ ոչ կառուցապատված տարածքների դեպքում՝ 40 մ:
4. Մինչեւ 250 մ երկարություն ունեցող թեոդոլիտային ընթացքների համար 1:5000, 1:2000 մասշտաբների դեպքում, եւ մինչեւ 150 մ երկարության դեպքում՝ 1:2000, 1:1000, 1:500 մասշտաբների համար որպես ճշտության չափանիշ ընդունված է ոչ թե ընթացքի հարաբերական սխալը, այլ դրա բացարձակ սխալը: Այդ սխալը պետք է փոքր լինի 0,25 մետրից 1:5000 եւ 1:2000 մասշտաբների դեպքում եւ 0,15, 0,10 մետրից՝ 1:1000 եւ 1:500 մասշտաբների համար:

Կառուցապատված տարածքներում 1:500-1:5000 մասշտաբներով հանույթ կատարելու համար թեոդոլիտային ընթացքներ անցկացնելիս անհրաժեշտ է միաժամանակ որոշել կպիտալ շինությունների անկյունների եւ ուրիշ կետերի կոորդինատները, որոնք կարող են ծառայել որպես հանույթային ցանցի կայաններ: Մանրաեռանկյունավորման ցանցերը նախագծելիս եռանկյունների թիվը բազիսների միջեւ կախված է հանույթի մասշտաբից եւ չպետք է գերազանցի 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 մասշտաբների դեպքում՝ 20, 17, 15 եւ 10-ը: Եռանկյունների անկյունները պետք է գտնվեն 30°-120° սահմաններում, իսկ կողմերի երկարությունները մեծ լինեն 150 մետրից: Եռանկյունների շղթայի երկարությունը սահմանափակվում է աղյուսակում բերված տվյալներով (աղ.4.3,բ կետ 1):
5. Գծերի եւ անկյունների գագաթների դասավորությունը պետք է նպաստավոր լինի դրանց չափելու համար: Այն դեպքերում, երբ գծերը չափվելու են ժապավենով, դրանք պետք է նախատեսվեն չափման համար նպաստավոր ուղղություններով՝ ճանապարհների եզրերով, անտառուղիներով եւ այլն, այնպես, որ տրանսպորտը չխանգարի գծերի չափմանը:
6. Թեոդոլիտային ընթացքների գագաթները պետք է ընտրվեն այնպես, որ դրանք ապահովեն հարեւան երկու կետերում ամրացված նշածողերի տեսանելիությունը, թեոդոլիտի հարմար տեղակայումը: Ընտրած գագաթից պետք է երեւան մոտակայքում գտնվող մանրամասնությունների եզրագծերը: Առանձին թեոդոլիտային ընթացքներ կարող են հատվել միմյանց հետ միայն անկյունների գագաթներում:

Այսպիսով, թեոդոլիտային ընթացքները կարող են իրականացվել նախօրոք կազմված նախագծերի համաձայն, կամ անցկացվել անմիջապես տեղամասի վրա: Եթե կազմված է ընթացքների նախագիծ, ապա իրականացվելու ընթացքում դա ճշտվում եւ ուղղվում է, որից հետո կազմվում է ցանցի վերջնական գծագիրը եւ անկյունների դասավորության սխեման:

Վերջին տարիներին կիրառում են ստանում գեոդեզիական արտադրությունում էլեկտրոնային տախեոմետրեր կոչվող գործիքները [28]: Դրանք հնարավորություն են տալիս չափել հորիզոնական եւ ուղղածիգ անկյունները ±(1"-5") միջին քառակուսային սխալներով, իսկ գծերի երկարությունները՝ (0,5-1) սմ բացարձակ սխալներով: Բացի դրանից, նման գործիքները օժտված են կոմպակտ հաշվիչ մեքենաներով, որոնց օգնությամբ կատարվում է կետերի ուղղանկյուն կոորդինատների հաշվարկը (4.9):

Ինչ խոսք, նման գործիքների ապագան շատ մեծ է, սակայն դրանց համատարած օգտագործումը այժմ խոչընդոտվում է այդ գործիքների չափազանց բարձր արժեքի պատճառով:

Այն դեպքերում, երբ հանույթային ցանցերը ստեղծվում են վերեւում նշված ճշտությունները ապահովող գործիքների օգնությամբ, կարելի է ղեկավարվել աղյուսակում (աղ.4.3գ) բերված պահանջներով [17]:

Թեոդոլիտային ընթացքի ցուցանիշները

Աղյուսակ 4.3բ

	Նորմերի անվանումը	Հանույթների մասշտաբը			
		1:5000	1:2000	1:1000	1:500
1.	Եռանկյունավորման, բազմանկյունաչափության, ինչպես նաեւ հանգուցային կետերի միջեւ անցկացվող թեոդոլիտային ընթացքների առավել երկարությունը				
	ա) կառուցապատված տարածքներ, կմ	4,0	2,0	1,5	0,8
	բ) չկառուցապատված տարածքներ, կմ	6,0	3,0	1,8	1,2
2.	Հանույթային հիմնավորման կետերի նվազագույն քանակը 1կմ^2 մակերեսի վրա	4	12	16	32
3.	Կախված թեոդոլիտային ընթացքների առավելագույն երկարությունը, կմ (համարիչում)				
	ա) կառուցապատված տարածքներ, կմ	-	0,2/3*	0,15/3*	0,15/3*
	բ) ոչ կառուցապատված տարածքներ, կմ	0,5/3*	0,3/2*	0,15/1*	0,15/1*

*- հայտարարում գրված է անկյունների թիվը:

Թեոդոլիտային ընթացքի ցուցանիշները

Աղյուսակ 4.3գ

թեոդոլիտային ընթացքի ցուցանիշները	M 1:500		M 1:1000	
	կառուցապատված, կմ / ոչ կառուցապատված, կմ		կառուցապատված, կմ / ոչ կառուցապատված, կմ	
	ընթացքի կողմի միջին երկարությունը,մ			
	200	100	500	200
1	2	3	4	5
ընթացքի սահմանային երկարությունը, կմ				
երկու ելման կետերի միջեւ	1.8 / 2.0	1.3 / 1.5	2.5 / 3.2	2.5 / 2.8
ելման կետերի եւ հանգուցային կետերի միջեւ	1.5 / 1.8	1.2 / 1.4	2.8 / 3.0	2.0 / 2.5
երկու հանգուցային կետերի միջեւ	1.2 / 1.5	1.0 / 1.2	2.5 / 2.8	2.0 / 2.3
պոլիգոնի սահմանային պարագիծը	4.0 / 4.5	3.0 / 4.0	8.5 / 9.5	7.0 / 7.5
կողմերի թիվը, ոչ ավել ընթացքի մեջ	14 / 16	13 / 15	10 / 12	14 / 16
պարագծի մեջ	15 / 20	30 / 40	20 / 25	35 / 45

M 1:2000		M 1:5000		M 1:10000	
կառուցապատված, կմ / ոչ կառուցապատված, կմ		կառուցապատված, կմ / ոչ կառուցապատված, կմ		կառուցապատված, կմ / ոչ կառուցապատված, կմ	
ընթացքի կողմի միջին երկարությունը, մ					
500	200	500	200	500	200
6	7	8	9	10	11
6.0 / 7.5	5.0 / 6.5	9.0 / 12.0	6.0 / 8.0	25	18
4.5 / 5.5	4.0 / 5.0	6.0 / 8.0	4.5 / 7.0	18	20
4.0 / 4.5	3.5 / 4.0	5.0 / 7.0	3.5 / 6.0	12	9
15.0 / 18.0	12.0 / 15.0	37.0 / 45.0	30 / 37		
18 / 20 37 / 45	25 / 28 52 / 68	27 / 30 90 / 100	20 / 25 95 / 100	60 100	90 100

Ընթացքի հարաբերական սխալը, ոչ ավել՝ 1:6000

Ընթացքի անկյունային անկապքը, ոչ ավել՝ $\pm 20''\sqrt{n}$

Անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը, ոչ ավել՝ ±10"

Կողմերի չափման միջին քառակուսային սխալը՝ ±(2-3)սմ:

4.5.3 Ոչ մեծ տեղամասի թեոդոլիտային հանույթը

Դիտարկենք, օրինակի համար, համեմատաբար փոքր հողակտորի թեոդոլիտային հանույթը: Նկ.1.10-ի վրա ցույց է տրված փակ թեոդոլիտային ընթացք պոլիգոնի տեսքով, որը ծառայում է որպես հանույթային ցանց տեղամասի 1:2000 մասշտաբով հորիզոնական հանույթի համար: Այդ ընթացքը հենվում է պետական ցանցի B կետի վրա (պոլիգոնի I գագաթը համատեղված է այդ կետի հետ), իսկ ցանցի E-B կողմը, որի դիրեկցիոն անկյունը հայտնի է, թույլ է տալիս որոշելու պոլիգոնի I-II կողմի դիրեկցիոն անկյունը:

Հանույթը սկսվում է I-II եւ I-E կողմերի միջեւ β' հորիզոնական անկյան չափումով: Սովորաբար ստուգման նպատակով չափում են նաեւ β" անկյունը (նկ.1.10բ): Այդ անկյունները կոչվում են տեղադրող:

Ինչպես տեսնում ենք, թեոդոլիտային ընթացքը բաղկացած է 7 գագաթներից, որոնց ընտրությունը կատարված է ըստ նախորդ դրվագում նկարագրվածի:

Գագաթների միջեւ հեռավորությունները ընտրված են այնպես, որ հնարավոր լինի յուրաքանչյուր գագաթից հանույթել անհրաժեշտ եզրագծերը: Հրահանգներում տրվում են թույլատրվող առավելագույն հեռավորությու[illegible]երը ցանցի գագաթներից մինչեւ եզրագծային կետերը՝ կախված հանույթի մասշտաբից (աղ. 4.4): [illegible]ղրվում է, որ հեռավորությունները չափվում են թելային հեռաչափով:

Աղյուսակ 4.4

Հանույթի մասշտաբը	Գործիքից մինչեւ հանույթվող կետերը թույլատրելի հեռավորությունը (մ)	
	կապիտալ կառուցվածքների եզրագծերը	ոչ հստակ եզրագծեհո
1:500	60	80
1:1000	80	100
1:2000	100	150
1:5000	150	200

Եթե տեղամասի չափերը կամ ռելիեֆի պայմանները հնարավորություն չեն տալիս պահպանել նշահանգում նշված հեռավորությունները, ապա պոլիգոնի ներսում անց են կացնում լրացուցիչ թեոդոլիտային ընթացքներ (անկյունագծային ընթացքներ): Դիտարկվող օրինակում անկյունագծային ընթացքը սկսվում է 3-րդ գագաթից եւ վերջանում է 6-րդ գագաթում: Հետախուզության ընթացքում պարզվել է, որ ամբողջ տեղամասի հանույթը հնարավոր է կատարել, հենվելով տեղամասի սահմանագծերով անցկացված թեոդոլիտային ընթացքի կողմերի վրա, բացի արեւլյան եւ հարավային մասից: Արեւելքում եւ հարավում տեղամասը սահմանափակված է ջրանցքի եւ գետի ափերով:

Թեոդոլիտային հանույթի ժամանակ օգտվում են. տեխնիկական թեոդոլիտներից՝ հորիզոնական եւ ուղղածիգ անկյուններ չափելու համար, ժապավենից, չափերիզից կամ հեռաչափերից՝ գծերի երկարությունները չափելու համար: Որպես օժանդակ գործիքներ ծառայում են բուսոլը, էկլիմետրը, էքերը: Գծային չափումները կարող են կատարվել օպտիկական հեռաչափերով, եթե դրանք ապահովում են 1:1500-1:2000 ճշտությունը, այսինքն, ժապավենով ստացվող ճշտությունը: Կարող են օգտագործվել նաեւ CT-5 տիպի եւ ուրիշ նման լուսահեռաչափերը:

Թելային հեռաչափը, որով օժտված են թեոդոլիտների դիտակները, կիրառում են որոշ սահմանափակումներով (աղ.4.4), քանի որ թելային հեռաչափի ճշտությունը չի գերազանցում 1:300-1:400-ը:

Թեոդոլիտային հանույթի ժամանակ աշխատանքները ընթանում են հետեւյալ հաջորդականությամբ.

1) կազմում են աշխատանքների նախագիծ;
2) հետախուզում են տեղամասը, ճշտում նախագիծը եւ ամրացնում են ընթացքի գագաթները;
3) թեոդոլիտային ընթացքը տեղակապում են մոտակայքում գտնվող պետական կամ խտացման ցանցերի կետերի հետ;
4) չափում են հատակագծային հանույթային ցանցի կողմերի երկարությունները, դրանց թեքության անկյունները եւ կողմերով կազմված աջակողմյան կամ ձախակողմյան անկյունների հորիզոնական պրոյեկցիաները;
5) կատարում են եզրագծերի հանույթը;
6) մշակում են դաշտային տվյալների արդյունքները եւ կատարում են գրաֆիկական աշխատանքները:

Նշված 6 կետերից 3-ը մենք քննարկել ենք: Այժմ անցնենք վերջին երեք կետերում նշված գործողությունների ուսումնասիրմանը:

4.5.4 Հանույթի շրջանցման եղանակ: Գծերի չափումը

Հանույթային աշխատանքները սկսվում են շրջանցման եղանակով, այսինքն, շրջանցում են տեղամասը սահմանների ուղղությամբ նշահարված ցանցի կողմերով եւ կատարում են վերոհիշյալ չափումները: Յուրաքանչյուր գիծ-կողմը չափում են երկու անգամ, որոշում են չափման հարաբերական սխալը՝ $\frac{D_1 - D_2}{D}$ հարաբերությունը, որտեղ D-ն գծի երկարության մեջ մետրերի թիվն է: Եթե այդ հարաբերությունը չի [illegible]երազանցում 1:2000 կոտորակը, ապա որպես վերջնական արդյունք գծի երկարությունը համալ[illegible]ում հավասար երկու արդյունքների միջին թվաբանականին՝

$$D_{մ}=\frac{D_1+D_2}{2}$$

Եթե գծերը չափվում են ժապավենով կամ 50 մետրանոց չափերիզով բարդ պայմաններում, այսինքն, անհարթությունները խանգարում են գծերի չափմանը, ապա հարաբերական թույլատրելի սխալը ընդունում են հավասար 1:1500 կամ 1:1000 (միջին եւ լավ պայմաններում գծերի չափման հարաբերական սխալները գնահատվում են 1:2000, 1:3000 թույտվածքներով) (աղ.4.3):

Օպտիկական հեռաչափերը հնարավորություն են տալիս չափել թեոդոլիտային ընթացքի կողմերը տարբեր պայմաններում մինչեւ 1:2000-1:5000 ճշտությամբ, իսկ լուսահեռաչափերը ապահովում են ավելի բարձր ճշտություն:

Եթե չափման ընթացքում հարաբերական սխալները ստացվում են թույլատրելի սահմաններից մեծ, չափումները կրկնում են:

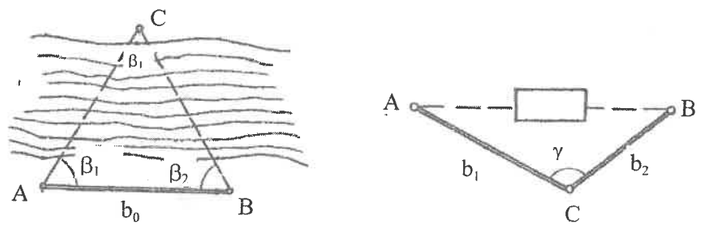
Չափող սարքերը (ժապավենները, չափերիզները) նախքան աշխատանքների սկսելը ենթարկում են ստուգման դաշտային համեմատիչների վրա, ըստ որում հաշվի են առնում օդի ջերմաստիճանը: Նույն համեմատիչների վրա որոշվում են օպտիկական եւ լուսահեռաչափերի հաստատունները: Ստուգման շնորհիվ ստացված ուղղումները հաշվի են առնվում, եթե դրանք գերազանցում են չափող սարքի 1:10000 մասը: Օրինակ՝ 20 մետրանոց ժապավենի համար դա կազմում է 2 միլիմետր:

Թեքություն ունեցող գծերի համար չափում են թեքության ν անկյունները, որոնք հաշվի են առնվում հորիզոնական պրոյեկցիաները որոշելու ժամանակ, եթե դրանք մեծ են 1,5°-ից: Ավելի փոքր թեքության անկյունների դեպքում դրանց ազդեցությունը չի գերազանցում գծի 1:3000-ի մասը, այսինքն, փոքր է գծի չափման շնորհիվ ստացված սխալից: Այն դեպքում, երբ չափման ժամանակ օդի ջերմաստիճանը տարբերվում է չափվող սարքի ստուգման ընթացքում եղած ջերմաստիճանից ոչ ավելի 8°-ից, ապա այն անտեսում են, որովհետեւ առաջացած սխալը չի գերազանցի գծի 1:10000 մասը:

Գծերի չափումը ոչ անմիջական եղանակով

Ենթադրենք, անհրաժեշտ է չափել AC հատվածը, որի ծայրակետերը գտնվում են գետի տարբեր ափերում (նկ.4.12ա): Ափերից մեկի վրա ընտրում են ժապավենով կամ չափերիզով չափելու համար նպաստավոր AB հատվածը, որն անվանում են բազիս (հիմնագիծ): Հիմնագծի երկարությունը՝ b_o-ն գերադասելի է ընտրել այնպես, որ β_3 անկյունը լինի 90°-ին մոտ, կամ, համենայն դեպս, 30°-ից ոչ պակաս:

Բազիսը չափվում է երկու անգամ եւ, եթե չափման արդյունքները տարբերվում են միմյանցից դրա երկարության 1:2000-ից պակաս չափով, որոշվում է արդյունքների միջին թվաբանականը: Թեոդոլիտով չափում են ABC եռանկյան β_1, β_2 եւ β_3 անկյունները: Անկյունների գումարը չպետք է տարբերվի 180°-ից ավելի, քան 3m -ով, որտեղ m-ը անկյան չափման միջին քառակուսային սխալն է: Չափված β_1, β_2 եւ β_3 անկյունները հավասարակշռում են, այսինքն, ստացված f_β անկապը ($f_\beta= \beta_1+\beta_2+\beta_3-180°$) հավասարաչափ բաշխում են անկյունների մեջ հակառակ նշանով:



ա) բ)

Նկ.4.12

Բազիսի b_o հորիզոնական պրոյեկցիան որոշելու համար չափում են AB գծի թեքության ν անկյունը: $b_o = D_{AB}\text{Cos}\nu$, որտեղ D_{AB}-ն ժապավենով չափված AB հատվածի երկարությունն է:

AC գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի d երկարությունը որոշում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$d = b_o \cdot \frac{\text{Sin}\beta_2'}{\text{Sin}\beta_3'}, \qquad (4.2)$$

որտեղ $\beta_2' = \beta_2 - \frac{1}{3}f_\beta$, $\beta_3' = \beta_3 - \frac{1}{3}f_\beta$ (4.3)

(f_β-ն տեղադրում են իր նշանով):

Քանի որ նկարագրված ճանապարհով կստանանք d երկարության համար մեկ արժեք, ապա այն ստուգելու նպատակով ցանկալի է կրկնել չափումները եւս մեկ բազիս ընտրելով: Ստանալով AC գծի պրոյեկցիայի համար երկու արժեքներ՝ d_1 եւ d_2, որոշում են դրանց միջին արժեքը՝

$$d_{մ}=\frac{d_1+d_2}{2}, \quad \text{եթե} \quad \frac{d_1-d_2}{d} \le 1500 \text{–ից:}$$

Նկարագրված մեթոդը կիրառում են այն դեպքում, երբ հնարավորություն չկա օգտագործել համապատասխան ճշտության հեռաչափեր:

Եթե AB գծի ուղղությամբ (նկ.4.12բ) բացակայում է տեսանելիությունը, ապա այդ գծի d հորիզոնական պրոյեկցիան կարելի է որոշել հետեւյալ բանաձեւով՝

$$d=\sqrt{b_1^2+b_2^2-2b_1\cdot b_2\cdot \text{Cos}\gamma}, \qquad (4.4)$$

որտեղ b_1 եւ b_2, AC եւ CB՝ հատվածների հորիզոնական պրոյեկցիաներն են: Այդ հատվածներն ընտրում են հնարավոր հարթ եւ չափման համար նպաստավոր ուղղություններով, ըստ որում γ անկյունը պետք է լինի 180°-ին մոտ, այդ դեպքում d մեծությունը կորոշվի ավելի բարձր ճշտությամբ:

Այն դեպքերում, երբ հանույթային ցանցերը իրագործվում են մանրաեռանկյունավորման մեթոդով (նկ.4.6), հիմնագծերը՝ b_1-ը եւ b_2-ը, չափում են սանդղակներ ունեցող պողպատյա ժապավենով, որը ուժաչափի օգնությամբ ձգվում է հաստատուն ուժով: Հիմնագծերի համար ընտրում են նպաստավոր պայմաններ: Չափումները կատարում են փայտյա ցցիկների վրայով, որոնք թեոդոլիտի օգնությամբ ամրացվում են բազիսի գծահամատեղման ուղղությամբ՝ ժապավենի երկարությանը համապատասխանող միջակայքով: Ցցիկները ամրացնում են այնպես, որ դրանց գլխատները լինեն 2-3 սմ գետնից բարձր: Ժապավենի ծայրերի սեւեռումը կատարում են դանակների կամ քորոցների օգնությամբ, որոնք խրվում են ցցիկների մեջ: Կարելի է օգտվել նաեւ մատիտներից: Ժապավենի ջերմաստիճանը որոշվում է մետաղական տուփի մեջ ամրացված ջերմաչափով, որն ամրացվում է ժապավենին:

Բազիսի հորիզոնական պրոյեկցիան որոշելու համար կատարում են դրա հատվածների ծայրերի երկրաչափական մակարդակաչափումը, կամ թեոդոլիտով չափում են հատվածների թեքության անկյունները: Մնացորդը չափում են չափերիզով:

Բազիսի հորիզոնական պրոյեկցիան որոշում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$S = n(\ell_o + \Delta\ell) + \alpha\ell_o n\sum(t-t_o) - \sum\frac{h^2}{2\ell_o} - \frac{h_1^2}{2r} + r,$$

որտեղ ℓ_o-ն ժապավենի անվանական երկարությունն է, n-ը ցույց է տալիս, թե քանի անգամ է տեղավորվել ժապավենը բազիսի երկարության մեջ, $\Delta\ell$-ը համեմատման ուղղումն է, t եւ t_o՝ ժապավենի ջերմաստիճանն է բազիսի չափման եւ ժապավենի համեմատման պահերին, h-ը ժապավենի ծայրակետերի վերազանցումներն են, h_1-ը՝ մնացորդի ծայրակետերի վերազանցումն է, $\alpha=12.10^{-6}$, r-ը՝ մնացորդն է:

Նկարագրված ձեւով չափված բազիսի երկու չափումների արդյունքների տարբերությունը պետք է դրա երկարության 1:5000 մասից փոքր լինի:

Գծերի եւ թեքության անկյունների չափման արդյունքները նպատակահարմար է գրանցել աղյուսակի մեջ: Գրանցումները կարելի է նաեւ կատարել անկյունաչափական ընդհանուր մատյանի մեջ (աղ.4.5), երբ գծերը ու անկյունները չափվում են միաժամանակ:

Անկյունների չափումը

Ընթացքների կողմերով կազմված անկյունների հորիզոնական պրոյեկցիաները չափում են 30" ճշտություն ունեցող թեոդոլիտներով (օրինակ՝ T30-ով, 2T30-ով,) մեկ լրիվ նվագով: Յուրաքանչյուր կիսանվագից հետո գործիքի բաժնօղակը (լիմբը) տեղաշարժվում է 90°-ով այն թեոդոլիտների համար, որոնք ունեն երկու վերնիներ, եւ մոտ 180°± (2°÷3°)-ով, մեկ ինդեքս ունեցող օպտիկական թեոդոլիտների համար: Երկու կիսանվագներից ստացված նույն անկյան արժեքները չպետք է տարբերվեն միմյանցից 4m մեծությունից ավել (2T30 թեոդոլիտով անկյունը չափելու դեպքում՝ 2'-ից):

Անկյան չափման ժամանակ ցանցաթելերի հատման կետը ուղղվում է հարեւան անկյունների գագաթներում տեղակայված նշածողերի ներքեւի մասին, դրանց հիմքերին մոտ: Դա արվում է նրա համար, որպեսզի նշածողի ոչ ուղղաձիգ տեղակայումը չազդի չափվող անկյան արդյունքների վրա: Դիտոցային առանցքի ուղղումը նշածողին պետք է կատարել վերջին պահին շարժաքանոնի (ալիդադի) մանրաչափական պտուտակի միջոցով այնպես, որ պտույտը կատարվի ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ:

Երբ անկյան կողմերը կարճ են՝ մի քանի տասնյակ մետր, հնարավորության դեպքում դիտոցումը անհրաժեշտ է կատարել գամասեղի (շպիլկայի) վրա, որը խրված է փայտյա ցցիկի մեջ ուղղաձիգ վիճակում, կամ խրված է գետնի մեջ ցցիկի հետեւում: Թեոդոլիտը պետք է կենտրոնադրվի անկյան գագաթում 5 միլիմետրից ոչ ավել սխալով:

Թեոդոլիտային ընթացքի հորիզոնական անկյունները կարող են լինել աջակողմյան (β) եւ ձախակողմյան (γ) ըստ ընթացքի ուղղության: Աջակողմյան հորիզոնական անկյունը հավասար է β=Հ-Ա, որտեղ Հ եւ Ա-ն հետեւի եւ առջեւի ձողերի վրա դիտոցելու ժամանակ լիմբի հաշվանքներն են: Եթե որոշվում է ձախակողմյան անկյունը, ապա γ=Ա-Հ: Եթե թեոդոլիտային ընթացքը ունի փակ բազմանկյան ձեւ, չափվում են դրա ներքին անկյունները:

Այն դեպքերում, երբ հանույթային ցանցի մոտակայքում չկան պետական ցանցերի կետեր, անհրաժեշտ է պոլիգոնի կողմերից մեկի համար որոշել մագնիսական. կամ աստղագիտական ազիմուտը: Հատակագծի կողմնորոշումը իրականացնում են մագնիսական կամ աստղագիտական միջօրեականի նկատմամբ՝ ընդունելով դրան որպես X առանցք: Այդ դեպքում գագաթներից մեկի ուղղանկյուն կոորդինատները ընդունում են պայմանական:

Թեոդոլիտային հանույթի ընթացքում բոլոր չափումների արդյունքները գրանցվում են անկյունաչափական մատյանում (աղ.4.5) եւ ուրվանկար (աբրիս) կոչվող տետրում, որի էջերից մեկը ցույց է տրված գծագրի վրա (նկ.4.13): Աղյուսակի (աղ.4.5) մեջ գրանցված են գծագրի (նկ.4.14) վրա ներկայացված I-VII բազմանկյան ներքին անկյունների եւ III-VIII-VI անկյունագծային ընթացքի աջակողմյան անկյունների մեկ նվագով չափման արդյունքները: Գրանցված են նաեւ կողմերի եւ դրանց թեքության անկյունների չափման արդյունքները:

Հորիզոնական անկյունների չափման մատյան

Ամսաթիվ ____ Դիտորդ ____

Հաշվարկող ____

Աղյուսակ 4.5

կայանի համարը	ղիտվող կե-տի համարը	հաշվանք հորիզոնա-կան շրջանի վրա		կես նվագով չափված անկյան արժեքը		անկյան միջին արժեքը		գծի երկարութ-յունը	գծի թեքության անկյունը		ծանոթություն
		0	1	0	1	0	1		0	1	
1	2	3		4		5		6	7		8
1		ԾՁ		Հիմնական պոլիգոն							
	7	129	58	124	25			(1)–(2)			Օպտիկա կան թեո-դոլիտ 2T30
	2	5	33								
		ԾԱ				124	26'				

	7	312	49	124	27			123,27			
								123,23			
	2	188	22					123,25	1	36	
		ԾՁ									
	1	12	43	118	01			(2)–(3)			
	3	254	42								
2		ԾԱ				118	00	116,86			
	1	195	30	117	59			116,82			
	3	77	31						-5	55	
								116,84			
		ԾՁ									
	2	325	24	197	28			(3)–(4)			
3	4	162	52								
		ԾԱ									
	2	142	20			7	28,5	137,87			
	4	339	49	197	29			137,93			
								137,90	-4	26	
		ԾՁ									
	3	46	17	94	29			(4)–(5)			
	5	311	48								
4		ԾԱ				94	28	164,22			
	3	228	19	19	22			164,26			
	5	133	52	4	7						
								164,24	+0	19	
		ԾՁ									
	4	306	14	94	44			(5)–(6)			
	6	201	30								
5		ԾԱ						199,55			
	4	128	20			94	44,5	199,45			
	6	33	35	94	45						
								199,50	+1	02	
		ԾՁ									
	5	355	49	168	11			(6)–(7)			
	7	187	38								
6		ԾԱ						127,43			
	5	178	30	168	09	168	10	127,49			
	7	10	21								
								127,46	+2	16	
7		ԾՁ									

	6	11	56	102	44						
	1	269	12								
		ՇԱ									
	6	194	42			102	45	140,09			
				102	546			140,02			
	1	91	56								
								140,06	+4	00	

$\sum\beta_{գ}$= 900°02' f_{β}= 02'

$\sum\beta_{տ}$= 900°00' $f_{\beta\text{թույլ}}$= ±0°04'

Անկյունագծային ընթացք

Աղյուսակ.4.6

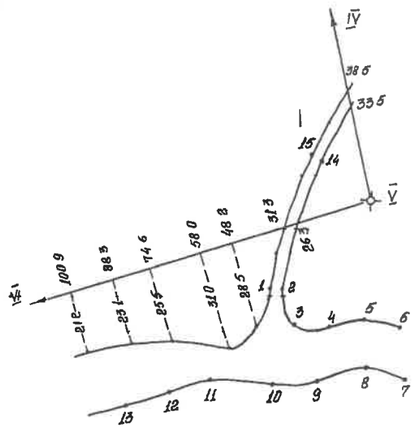
1	2	3		4		5		6	7	8
		ՇՁ								
3	2	248	26	101	10					
	8	247	16							
		ՇԱ				101	10			
	2	165	31							
3	8	64	21	101	10					
		ՇՁ								
8	3	45	14	166	09			(3)-(8)		
	6	239	05							
		ՇԱ				166	08,5	97.16		
	3	228	07		08			97.20		
8	6	61	59	166						
								97.18		
		ՇՁ						(8)-(16)		
6	8	298	35	107	31					
	7	191	04							
		ՇԱ				107	30	105.41		
	8	116	21					105.37		
6	7	08	52	107	29					
								105.39		

Անհրաժեշտ է նշել, որ գործնականում թեոդոլիտային ընթացքների անկյունները եւ գծերը չափելու համար ստեղծվում են երկու աշխատանքային խմբեր:

Երբ ընթացքն ունի փակ պոլիգոնի տեսք եւ չափվում են դրա բոլոր կողմերի երկարությունները, թեքության անկյունները եւ կողմերով կազմված անկյունների հորիզոնական պրոյեկցիաները, ապա հնարավորություն է ստեղծվում չափման արդյունքների ստուգման համար, որովհետեւ ստացվում է մեկ լրացուցիչ անկյուն եւ գիծ: Այսինքն, եթե պոլիգոնի մեջ կատարվեր մեկ անկյունով եւ մեկ գծով

պակաս չափումներ, միեւնույն է՝ հնարավոր կլիներ կառուցել հատակագծի վրա դրա գագաթները, սակայն այդ դեպքում չէր ստեղծվի ստուգման հնարավորությունը:

Կայան V

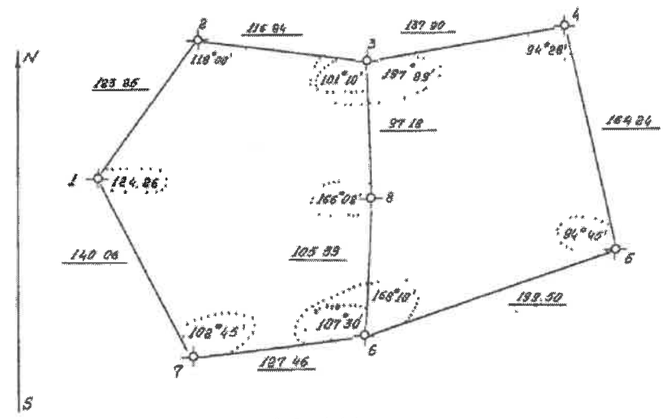


կետե-րի N	հեռավո-րություն-ները մ	հորիզոնա-կան անկ.
IV		0° 00′
1	46,0	237 47
2	43,5	233 10
3	49,3	224 15
4	46,8	812 00
5	39,8	195 30
6	44,0	190 00
7	60,5	192 05
8	54,7	193 38
9	62,7	805 35
10	70,0	818 04
11	79,5	838 80
12	98,5	236 00
13	108,0	860 00
14	21,0	318 30
15	25,5	318 30

Նկ. 4.13

Ինչպես արդեն նշվել է, այդպիսի ստուգման հնարավորություն անհրաժեշտ է ստեղծել բոլոր տեսակի գեոդեզիական աշխատանքներ կատարելիս:

Թեոդոլիտային ընթացքի (բազմանկյան) կողմերի եւ դրանցով կազմված անկյունների հորիզոնական պրոյեկցիաների չափման արդյունքները գրվում են սխեմայի վրա (նկ.4.14):



Նկ. 4.14

4.5.5 Տեղամասի իրադրության հանույթը

Տեղամասի վրա գտնվող առարկաների եւ սահմանների եզրագծերի հանույթը կատարում են նախօրոք ստեղծված հանույթային ցանցի (օրինակ, թեոդոլիտային ընթացքների) կողմերի նկատմամբ: Որոշ դեպքերում այդ հանույթը կատարվում է ցանցի ստեղծման հետ միաժամանակ:

Հանույթի ընթացքում չափում են այն գծերը եւ անկյունները, որոնց օգնությամբ հատակագծի վրա հնարավոր է կառուցել տվյալ եզրագիծը հանույթային ցանցի մոտակա կողմի նկատմամբ:

Իրադրության հանույթը, կախված տեղամասի պայմաններից եւ հանույթային ցանցի կողմերի դասավորությունից, կարող է կատարվել հետեւյալ եղանակներով. ուղղանկյուն կոօրդինատների կամ ուղղահայացների, չափագրման , գծային հատումների, անկյունային հատումների, բեւեռային կոօրդինատների, գծահամատեղման, շրջանցման:

Նախքան այդ եղանակների հետ ծանոթանալը կանգ առնենք տեղամասի առարկաների եզրագծերի յուրահատկությունների վրա:

Հանույթվող առարկաների ցանկը կախված է կառուցվող հատակագծի մասշտաբից, նախապես դրված նպատակից եւ տվյալ տարածքի կառուցապատման խտությունից: 1:5000 եւ ավելի խոշոր մասշտաբներով հանույթներ կատարելիս հանույթվում են՝

ա) բոլոր կառուցվածքները առանձին վերցրած, բոլոր կարգի ճանապարհները եւ դրանց ուղղությամբ վրա գտնվող կառուցվածքները, պատմական հուշարձանները, զբոսայգիները եւ ծառատունկերը, երկրի մակերեւույթի վրա դուրս եկող ստորերկրյա կառուցվածքների ելքերը;

բ) բնակելի վայրերից դուրս գտնվող բոլոր տեսակի կառույցները անկախ դրանց չափերից;

գ) ոռոգվող տարածքները եւ դրանց վրա գտնվող կառուցվածքները;

դ) բոլոր տեսակի բնական եւ արհեստական ջրային տարածքները;

ե) բաց տարածության վրա գտնվող առանձին ծառերը, խոշոր քարերը, անտառային տարածքները;

զ) գյուղատնտեսության համար օգտագործվող հողակտորները, այգիները, բանջարանոցները եւ այլն;

է) այն հողակտորների սահմանագծերը, որոնք չունեն գյուղատնտեսական նշանակություն;

ը) օգտակար հանածոներով զբաղեցրած տարածքները;

թ) գոյություն ունեցող սահմանագծերը եւ սահմանագծային սյուները:

Տեղանքի բոլոր տարրերը ընդունված է բաժանել երկու մասի՝ հստակ եւ ոչ հստակ եզրագծերի:

Կայուն եզրագծերի շարքին են դասում մշտական ճարտարագիտական կառուցվածքները, որոնք պատրաստված են ամուր նյութերից (բետոնից, քարից, աղյուսից եւ այլն): Քնական եզրագծերը բաժանվում են հստակ եւ ոչ հստակ տեսակների: Իրադրությունը հանույթելիս չափումների ճշտությունը պայմանավորված է ինչպես եզրագծերի բնույթով, այնպես էլ մասշտաբի հայտարարից: Ամենաբարձր ճշտությունը պահանջվում է կապիտալ շինությունների հանույթի ժամանակ, եւ առաջին հերթին դա վերաբերում է գծային չափումներին: Գծերի չափման միջին քառակուսային սխալը չպետք է գերազանցի M·0,2 մմ-ը, որտեղ M-ը մասշտաբի հայտարարն է: Հատակագծի վրա գտնվող երկու հարեւան կետերի դիրքը բնորոշվում է M··0,4 մմ սահմանային սխալով (կապիտալ շինությունների համար):

Հստակ սահմանագծերը հանույթելիս պահանջվում է, որպեսզի հատակագծի վրա տեղադրվող կետերը հանույթային ցանցի գագաթների նկատմամբ լինեն տեղադրված 2 մետրից ոչ ավել սխալով՝ 1:5000 մասշտաբի դեպքում: 0,8 մետրից պակաս սխալով՝ 1:2000 մասշտաբի դեպքում, 0,4 մետրից պակաս՝ 1:1000 եւ 0,25 մետրից պակաս՝ 1:500 մասշտաբների դեպքում: Այս ճշտությունները ապահովելու համար այն դեպքերում, երբ կիրառվելու է թելային հեռաչափ, պահանջվում է պահպանել 4.4 աղյուսակում բերված առավելագույն հեռավորությունները գործիքից մինչեւ ձողաքանոնը:

Ավելի բարձր ճշտություն ունեցող հեռաչափեր կամ ժապավեններ օգտագործելիս թույլատրվում է բերված հեռավորությունները ավելացնել:

Իրադրությունը հանույթելիս, հստակ եզրագծերը արտահայտելու համար անհրաժեշտ է բնորոշ կետերի թիվը ընտրել այնպես, որ յուրաքանչյուր երկու հարեւան կետերը միացնող գիծը լինի ուղիղ, իսկ իրական եզրագծի կորը այդ ուղիղից շեղվի (0,5 .M)մմ-ից ոչ ավել: Եզրագծի առանձին դուրս ցցված մասերը կարող են անտեսվել, եթե դրանց չափերը չեն գերազանցում 1,0 մ՝ 1:5000 մասշտաբի դեպքում, 0,5 մ՝ 1:2000 եւ 0,3 մ՝ 1:1000 մասշտաբների դեպքում:

Ոչ հստակ եզրագծերի դեպքում անկախ մասշտաբից կարելի է անտեսել մինչեւ 5 մ մեծության շեղումները: Որոշ դեպքերում եզրագծի հանույթը թույլատրվում է իրագործել մոտավորապես՝ նոսր անտառների, թփուտների եւ այլն եզրագծերը որոշելիս:

Ոչ մեծ մակերեսներ շրջապատող եզրագծերը (M².0,1 սմ²), ինչպես նաեւ տեղանքի որոշ առարկաները, որոնք չեն արտահայտվում տվյալ մասշտաբի հատակագծի վրա, հանույթվում են որպես առանձին կետեր, որոնք ընտրվում են տվյալ մակերեսի կամ առարկայի մեջտեղում: Ոչ կանոնավոր ձեւ ունեցող շինությունների դեպքում հանույթվում են դրանց բոլոր անկյունները: Կանոնավոր երկրաչափական ձեւ ունեցող առարկաների հանույթը կատարելիս որոշում են դրանց որոշ անկյունների դիրքը եւ չափերիզով չափում են կողմերի երկարությունները:

Տարբեր տեսակի ճանապարհները հանույթելիս նշվում են դրանց առանցքները, կլորացումների սկիզբը եւ վերջը, հողաթմբերը եւ հանվածքները, ցույց են տրվում երթեւեկության մասի եւ ճամփեզրի լայնությունները: Դաշտային եւ միջգյուղային ճանապարհները հանույթելիս ցույց են տրվում միայն դրանց առանցքները եւ գրվում են լայնության չափերը:

Ջրային տարածքների ափերը հանույթվում են, եթե դրանց լայնությունը M·3 մմ-ից մեծ է: Քնորոշ կետերը՝ ծողաքանոնի կանգնեցման կետերը, ընտրվում են երկու ափերի վրա այնպես, որ դրանք գտնվեն միեւնույն առանցքին տարած ուղղահայացի վրա: Այն դեպքերում, երբ ջրատարի լայնությունը M·(1÷3) մմ սահմաններում է, դրա հանույթը կատարում են միայն մեկ ափով եւ որոշակի տեղերում նշում են լայնության մեծությունը: Ջրատարների հանույթի հետ միաժամանակ հանույթվում են դրա ափերի վրա գտնվող բոլոր կառուցվածքները:

Ոչ կառուցապատված տարածքների վրա գտնվող էլեկտրահաղորդագծերի բոլոր հենարանները հանույթվում են 1:2000, 1:1000, 1:500 մասշտաբներով, իսկ 1:5000 մասշտաբով՝ միայն անկյունային հենարանները:

Ուղղանկյուն կոօրդինատների կամ ուղղահայացների եղանակ: Ուրվանկար (աբրիս)

Իրադրության հանույթի ժամանակ առարկաների եզրագծերը նախապես սխեմատիկորեն արտահայտվում են առանձին գծագրի վրա: Այդ մոտավոր գծագիրը արտահայտում է եզրագծերի դիրքը հանույթային ցանցի գագաթների եւ կողմերի նկատմամբ: Դա կոչվում է աբրիս կամ ուրվանկար:

Աբրիսը գծագրելու համար կոշտ թղթից պատրաստում են փոքրիկ ալբոմ 13x33 սմ չափերով:

Յուրաքանչյուր կայանում աշխատանքը սկսում են՝ տեղադրելով ուրվանկարի մեջ հանույթվող սահմանագծերի եւ առարկաների եզրագծերը: Կատարվում է տեղանքի մոտավոր պատկերումը թղթի վրա, այնուհետեւ իրականացվում են անհրաժեշտ գծային եւ անկյունային չափումները, որոնց արդյունքը գրվում է աբրիսի տվյալ էջի վրա: Աբրիսը կազմում են յուրաքանչյուր գագաթում, յուրաքանչյուր կողմի համար:

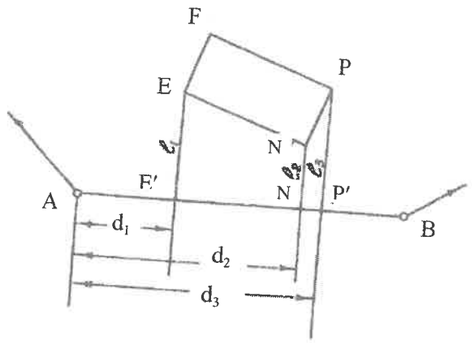
Գծագրական գործողությունները կատարում են հասարակ մատիտով՝ T կամ 2T, հանույթային ընթացքի գիծը ցույց են տալիս ավելի հաստ, եզրագծերը նկարվում են կամայական մասշտաբով, ուղիղ գծերը տարվում են քանոնով, կոր գծերը խնամքով գծվում են «ձեռքով»: Եզրագծերով սահմանափակված տարածքների վրա գրում են պարզաբանող տվյալները եւ թվերը, տեղամասի առարկաները եւ իրադրության տարրերը արտահայտում են հանույթային ցանցի կողմերի համեմատ ավելի բարակ:

Աբրիսը գծագրելուց հետո սկսում են հանույթը:

Գծագրի վրա (նկ.4.13) ցույց է տրված բազմանկյան (նկ.1.10) V գագաթում իրադրության հանույթի ժամանակ կազմված աբրիսը:

Ուղղահայացների եղանակով հանույթում են թեոդոլիտային ընթացքների կողմերին համեմատաբար մոտիկ գտնվող առարկաների եզրագծերը, օրինակ, գետերի ափերը, ճանապարհների եզրերը կամ առանցքները, շենքերի եզրագծերը եւ այլն: Պոլիգոնի կողմերը ընտրում են այնպես, որ դրանք մոտ լինեն կարեւոր եզրագծերին: Օրինակ՝ EFPN շենքի եզրագծի E, N, P կետերը նպատակահարմար է հանույթել պոլիգոնի AB կողմի նկատմամբ ուղղահայացների եղանակով (նկ.4.15): Ջողում են AB գիծը եւ ժապավենը տեղադրում են ձողված ուղղությամբ: E կետից ժապավենի վրա իջեցնում են ուղղահայաց եւ չափում են A կետից մինչեւ ուղղահայացի հիմքը՝ E′ կետը, եղած AE′ հեռավորությունը: Ուղղահայացը աչքաչափով իջեցվում է չափերիզի օգնությամբ, որը հորիզոնական վիճակում փռվում կամ ձգվում է շենքի անկյան դեպի գծի վրա տեղադրված ժապավենը: Աշխատանքը կատարում են երկու դիտողներ, որոնցից [illegible]ահում է չափերիզի սկզբնակետը (0-բաժանքը) շենքի անկյան մոտ,

իսկ մյուսը, ձգելով չափերիզը, աշխատում է ուղիղ անկյան տակ հատել գծի վրա տեղադրված ժալոնները: Դրանից հետո նա գրանցում է երկու տվյալ աբրիսի մեջ՝ հատման E′ կետի հեռավորությունը A կետից՝ d_1-ն, եւ չափերիզի օգնությամբ ստացված ℓ_1 երկարությունը:



Նկ.4.15

Նույն ձեւով որոշում են $d_2\ell_2$, $d_3\ell_3$ հեռավորությունները N′ եւ P′ կետերի համար: Այն դեպքում, երբ ուղղահայացները կառուցվում են աչքաչափով, դրանց երկարությունները տարբեր մասշտաբների համար չպետք է գերազանցեն հետեւյալ մեծությունները.

1:2000 մասշտաբի դեպքում՝ 8 մետր,
1:1000 մասշտաբի դեպքում՝ 6 մետր,
1:500 մասշտաբի դեպքում՝ 4 մետր:

Եթե ուղղահայացները կառուցվում են էքերով, թույլատրվում են ուղղահայացների երկարությունները.

1:2000 մասշտաբի դեպքում՝ մինչեւ 60 մետր,
1:1000 մասշտաբի դեպքում՝ մինչեւ 40 մետր,
1:500 մասշտաբի դեպքում՝ մինչեւ 20 մետր:

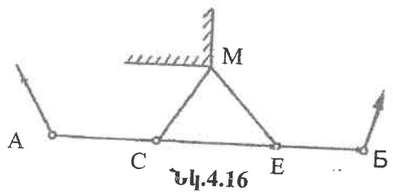
Անհրաժեշտ է նշել, որ էքերի օգնությամբ ուղիղ անկյունները կառուցվում են մինչեւ 6 րոպե սխալով: Օգտագործելուց առաջ էքերը պետք է ստուգման ենթարկվի:

Չափագրման եղանակ

Այն առարկաների եզրագծերը, որոնք ունեն կանոնավոր երկրաչափական ձեւ՝ քառանկյուն, եռանկյուն եւ այլն, չափվում են չափերիզի միջոցով, որը ձգվում է հորիզոնական վիճակում: Օրինակ՝ չափելով շենքի EF, FP, PN եւ ստուգման համար EN կողմերի երկարությունները (նկ.4.15) եւ ուենագիծը:

Գծային հատումների եղանակ

Այս եղանակով M կետի դիրքը AB գծի նկատմամբ որոշվում է հետեւյալ ձեւով (նկ.4.16):



Նկ.4.16

AB գծի վրա ընտրում են C եւ E կետերը եւ ժապավենով չափում են AC եւ CE հեռավորությունները, որից հետո չափերիզով չափում են CM եւ ME երկարությունները: Հատումը կլինի առավել ճիշտ, եթե M կետում առաջացած անկյունը մոտ լինի 90°-ի: Հատակագծի վրա M կետը ստանալու համար ընթացքի AB կողմի վրա մասշտաբով տեղադրում են AC եւ CE հատվածների հորիզոնական պրոյեկցիաները, որից հետո, տալով կարկինի բացվածքին CM եւ EM հորիզոնական պրոյեկցիաներին համապատասխան երկարությունները, գծում են փոքրիկ աղեղներ, որոնց հատման կետը կհամապատասխանի M կետին: Անհրաժեշտ է նշել, որ դաշտում բոլոր գծերի երկարությունները չափվում են այնպես, որ ստացվեն դրանց հորիզոնական պրոյեկցիաները: Դրա համար չափում են թեք գծի երկարությունը եւ դրա թեքության ν անկյունը: Եթե ν-ն 3°-ից մեծ չէ, ժապավենը աշխատում են ձգել աչքաչափով, որքան հնարավոր է հորիզոնական վիճակում:

Գծային հատումների եղանակը ձեռնտու է կիրառել այն դեպքերում, երբ CM եւ EM հեռավորությունները չափերիզի երկարությունից փոքր են եւ այն դեպքերում, երբ պայմանները նպաստավոր չեն ուղղահայացների եղանակը կիրառելու համար:

Անկյունային հատումների եղանակ

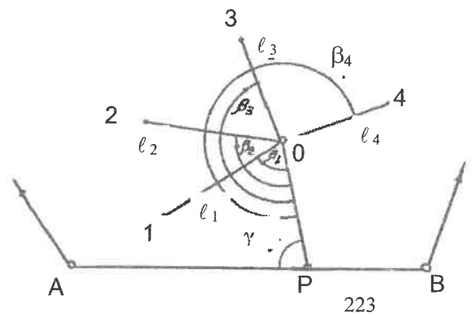
Հանույթվող C կետի դիրքը (նկ.4.12ա) հատակագծի վրա որոշելու համար չափում են b_0 հորիզոնական հեռավորությունը եւ ABC եռանկյան β_1 եւ β_2 հորիզոնական անկյունները: Կառուցելով հատակագծի վրա A եւ B կետերում անկյունացույցով β_1 եւ β_2 հորիզոնական անկյունները եւ տանելով AC եւ BC ուղղությունները՝ դրանց հատման կետում ստանում են C կետը:

Անկյունային հատումների եղանակը կիրառում են թեոդոլիտային ընթացքի գծերից համեմատաբար հեռու գտնվող առարկաների եզրագծերը հանույթելիս եւ առանձին ծառեր, էլեկտրահաղորդման հենարաններ, հեռախոսալարերի սյուներ եւ այլն հանույթելու համար, ինչպես նաեւ այն դեպքերում, երբ AC եւ BC հեռավորությունները հնարավոր չէ չափել անմիջականորեն (նկ.4.12ա): Հնարավորության դեպքում ABC եռանկյան β_1 եւ β_2 անկյուններից բացի, ստուգման նպատակով չափում են նաեւ γ անկյունը, որի մեծությունը ցանկալի է մոտ լինի 90 °-ին:

Բեւեռային կոորդինատների եղանակ

Այս եղանակը կիրառելիս 1, 2, 3, 4.... կետերի դիրքը հատակագծի վրա ստանալու համար դաշտում չափում են OP գծի նկատմամբ 0-1, 0-2, 0-3 .... ուղղություններով կազմված հորիզոնական անկյունները՝ β_1, β_2, β_3, β_4.....(նկ.4.17): Թեոդոլիտը տեղակայում են O կետում, լիմբը կողմնորոշում են OP գծի ուղղությամբ՝ նախապես համատեղելով լիմբի եւ ալիդադի զրոները: Լիմբի պտույտով ուղղում են դիտակի դիտոցային առանցքը P կետում տեղակայված նշածողին եւ լիմբի մանրաչափական պտուտակով ճշտում են ուղղումը: Արձակելով ալիդադը՝ դիտոցային առանցքը հաջորդաբար ուղղում են 1, 2, 3... կետերում տեղակայված ձողաքանոնների վրա: Կարդալով հաշվանքը հորիզոնական շրջանի վրա՝ ստանում ենք β_1, β_2, β_3, ... հորիզոնական անկյունները, իսկ 0-1, 0-2, 0-3 ℓ_1, ℓ_2 ... հեռավորությունները որոշում են թելային հեռաչափով հաջորդաբար 1, 2, ... կետերում տեղակայված ձողաքանոնի օգնությամբ:

Նկարագրված եղանակը սովորաբար կիրառվում է այն եզրագծերի հանույթի համար, որոնց դիր-



Նկ.4.17

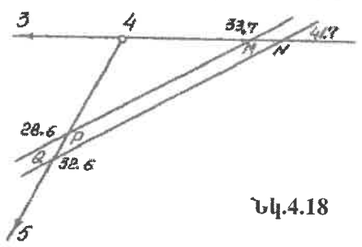
քը ինչ-որ չափով անորոշ է (գետի ափը, որոշ սահմանագծերը, ցանկապատերը եւ այլն): Եթե անհրաժեշտություն է առաջանում ավելի բարձր ճշտությամբ չափել 0-1, 0-2, ... գծերի երկարությունները, ապա թելային հեռաչափի փոխարեն օգտագործում են չափերիզ կամ օպտիկական հեռաչափեր: Վերջինները պարտադիր է օգտագործել 1: 500 եւ ավելի խոշոր մասշտաբով հանույթներ կատարելու դեպքում:

P կետի դիրքը թեոդոլիտային ընթացքի AB կողմի վրա գտնելու համար չափում են AP հատվածի երկարությունը եւ դրա թեքության ν անկյունը, իսկ 0 կետի (բեւեռի) դիրքը որոշում են՝ չափելով γ անկյունը, PO հատվածի երկարությունը եւ թեքության ν անկյունը:

Ստացված տվյալների հիման վրա հետագայում հաշվարկում են P եւ O կետերի կոօրդինատները, որոնց օգնությամբ հատակագծի վրա կառուցում են այդ կետերը: Ստանալով 0 կետի դիրքը՝ դրա նկատմամբ որպես բեւեռի, անկյունացույցով կառուցում են β_1, β_2, β_3, ... հորիզոնական անկյունները, եւ տեղադրելով համապատասխան մասշտաբով 01, 02 ... հատվածներին համապատասխանող հորիզոնական պրոյեկցիաները, ստանում են հատակագծի վրա 1, 2, ... կետերի դիրքը: Որպես բեւեռ (0 կետ) բեւեռային հանույթի դեպքում, իհարկե, կարող է ծառայել թեոդոլիտային ընթացքի ցանկացած գագաթներից որեւէ մեկը: Այդպիսի դեպքերում որպես սկզբնական (զրոյական) ուղղություն կարող է ծառայել ընթացքի կողմը: Օրինակ՝ գծագրի վրա (նկ.4.13) բերված են բեւեռային եղանակով V գագաթից գետի ափի հանույթի արդյունքները: Եզրագծի՝ գետի ափի, բնորոշ կետերին համապատասխանող արդյունքները գրանցված են աղյուսակում: Որպես ելման ընդունված է V-IV ուղղությունը:

Գծահամապատկման եղանակ

Եթե թեոդոլիտային ընթացքի կողմերը հատում են որեւէ եզրագծեր՝ ճանապարհներ, ջրանցքներ եւ այլն, ապա հատման կետի դիրքը հնարավոր է ստանալ մոտակա գագաթների նկատմամբ՝ կատարելով գծային չափումներ ընթացքի կողմերի կամ դրանց շարունակության ուղղությամբ (նկ.4.18): Օրինակ՝ ճանապարհի եզրագծերի եւ 4-5 կողմի P եւ Q հատման կետերի դիրքը որոշվում է 4-րդ գագաթից մինչեւ այդ կետերը եղած հեռավորությամբ՝ 28,61 մ եւ 36,63 մ, իսկ 3-4 կողմի շարունակության վրա գտնվող M եւ N հատման կետերի դիրքը 4 գագաթից չափված՝ 33,70 մ եւ 41,7 մ հեռավորություն-



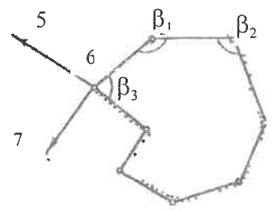
Նկ.4.18

ներով: 3-4 կողմի շարունակությունը ստանում են գիծը նշաձողելու միջոցով: Հատակագծի վրա հատման կետերի դիրքը ստանում են, տեղադրելով համապատասխան մասշտաբով նշված հեռավորությունները՝ հատվածների հորիզոնական պրոյեկցիաները, համապատասխան գագաթներից: Գծագրի վրա (նկ.4.13) նկարագրված եղանակով հանույթված են ջրանցքի ափերի եւ բազմանկյան V-IV կողմի հատման կետերը, որոնք V գագաթից գտնվում են 33,5 եւ 38,5 մ հեռավորության վրա, ինչպես նաեւ V-VI կողմի եւ ջրանցքի հատման կետերը:

Շրջանցման եղանակով իրադրության հանույթը

Այս եղանակը իրագործվում է այն դեպքերում, երբ անհրաժեշտ է հանույթել տեղամասի վրա գտնվող եւ կոր գծերով սահմանափակված որեւէ մակերես, օրինակ, բանջարանոցով զբաղեցրած տարածքը (նկ.4.19ա):

Հանույթվող մակերեսի շուրջը՝ դրա սահմանների ուղղությամբ անցկացվում է թեոդոլիտային հանույթային ընթացք, որ տեղակապվում է հատակագծային բանվորական հիմնավորման գագաթներից մեկի հետ՝ 6 կետի [illegible]ցման եղանակով հանույթի ընթացքում կես նվագով չափվում են β_1, β_2 ... անկյունները եւ մեկ ուղ[illegible]ամբ չափում են ժապավենով՝ գագաթների միջեւ հեռավորությունները:



Նկ.4.19ա

Ստուգման համար գծային չափումները կատարում են նաեւ թելային հեռաչափով եւ չափման արդյունքները 0,1 մետր ճշտությամբ գրանցում են անկյունաչափական մատյանի մեջ:

Հանույթված եզրագծերը հատակագծի վրա կառուցում են կողմերի ազիմուտների եւ երկարությունների տվյալներով:

Իրադրության հանույթի ժամանակ եզրագծի յուրաքանչյուր կետը հանույթվում է անկախ մյուսից այն առումով, որ այդ կետի հանույթի ընթացքում կատարված չափումների սխալները ազդեցություն չեն գործի մյուս կետերի դիրքերի վրա, եւ կատարված կոպիտ սխալը չի հայտնաբերվի: Այդ պատճառով հանույթողը պետք է ուշադիր լինի իրադրության եզրագծերը հանույթելիս: Բացի այդ, նա պետք է օգնի ձողորդին ընտրել այն կետերը, որոնց միջեւ եզրագիծը հնարավոր է ընդունել որպես ուղիղ գիծ: Դա, անշուշտ, համապատասխան փորձ է պահանջում: Թույլատրվում է անտեսել գծերի կորությունը, եթե դա դուրս չի գալիս որոշակի սահմաններից: Այդ սահմանը կախված է մասշտաբից: Թույլատրվում է երկու կետերը միացնող գիծը ընդունել որպես ուղիղ, եթե դրա վրա գտնվող կետերը չեն շեղվում այդ ուղղությունից ավելի, քան 0,3 մմxM, որտեղ M-ը հատակագծի մասշտաբի հայտարարն է: Օրինակ՝ 1:1000 մասշտաբի համար այդ թույլատրելի շեղման մեծությունը հավասար կլինի 0,3մմ.1000=300 մմ, կամ 0,3 մետրի: Այդ սահմանում գծերը կարող են համարվել որպես ուղիղ գծեր: Տվյալ կայանում աշխատանքը վերջացնելուց հետո անհրաժեշտ է հանույթված կետերից մի քանիսը նորից հանույթել՝ նոր կայանից: Այսպիսով, որոշ կետեր կհանույթվեն երկու անգամ, եւ ինչ որ չափով կբացառվեն բացթողումները:

Հանույթը կատարելիս օգտվում են համապատասխան հրահանգներից [19]:

Կառուցապատված տարածքի թեոդոլիտային հանույթը

Կառուցապատված տարածքի եզրագծերի հանույթը կատարվում է 1:500, 1:1000, 1:2000 մասշտաբներով: Տարբերում են նրբանցքների, ճակատների եւ թաղամասերի ներսում կատարվող հանույթներ:

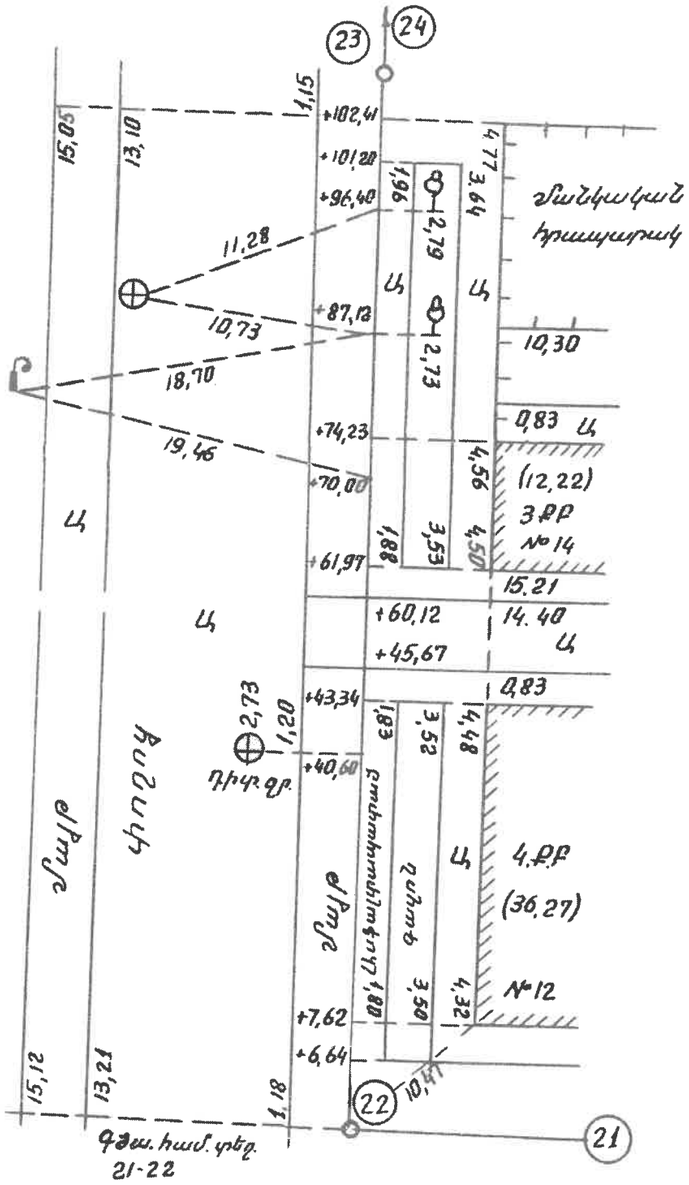
Նրբանցքների եւ ճակատների հանույթը մեծ մասամբ կատարում են թեոդոլիտային ընթացքների գագաթների նկատմամբ: Այդ ընթացքները անց են կացնում շենքերի ճակատներից ոչ հեռու՝ 2 մետր եւ պակաս հեռավորության վրա, փողոցի երկու կողմերով: Խաչմերուկների վրա թեոդոլիտային ընթացքները հատվում են հանգուցային կետերում:

Ընթացքի գագաթները ասֆալտի վրա ամրացնում են խոշոր մեխերով, իսկ հողի մեջ՝ երկաթե կտորներով, խողովակներով կամ փայտե ցցիկներով: Եթե գծերի չափումները իրականացվում են ժապավենով, ապա դրա ծայրակետերը ասֆալտի վրա նշվում են կավիճով:

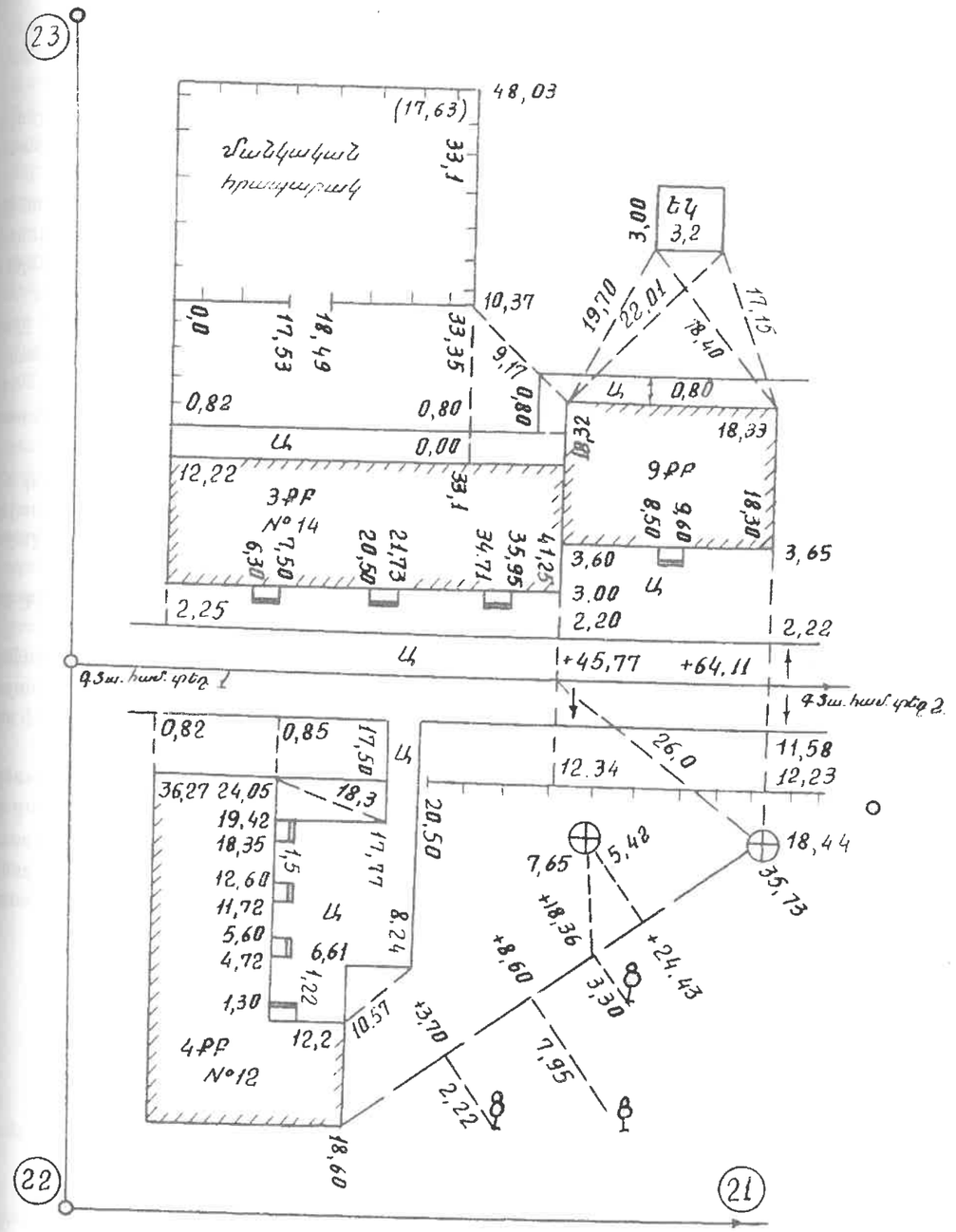
Շենքերի ճակատները հիմնականում հանույթվում են ուղղահայացների եւ գծային հատումների եղանակներով՝ պահպանելով անհրաժեշտ ճշտությունը:

Գծագրի վրա (նկ.4.19բ) ներկայացված է նրբանցքի եւ ճակատների հանույթի ժամանակ գծված աբրիսը:

Նկ.4.19գ-ի վրա նեյ[illegible]ված է թաղամասի ներսում կատարված հանույթի աբրիսը:



Ընբացքի հաճույթի աբրիսը:
Նկ.4.19բ



Թաղամասի ներսում կատարված հաճույթի աբրիսը:
Նկ.4.19գ

Այդ հաճույթը կատարվում է ոչ միայն հաճույթային ցանցի կողմերի եւ գագաթների նկատմամբ, այլ նաեւ կապիտալ շենքերի եզրագծերի նկատմամբ: Օրինակ՝ այդպես է հաճույթված մանկական հրապարակի ցանկապատը, տրանսֆորմատորային ենթակայանի շենքը, ասֆալտապատված փողոցի եզրագծերը: Ծառերը հաճույթված են N 12 շենքի անկյունները եւ ստուգիչ հորի կափարիչի կենտրոնը միացնող գծահամատեղման նկատմամբ:

4.5.6 Հորիզոնական հաճույքի դաշտային նյութերի մշակումը, ուղիղ եւ հակադարձ գեոդեզիական խնդիրներ

Գեոդեզիական աշխատանքների ընթացքում հաճախ անհրաժեշտ է լինում լուծել հետեւյալ երկու խնդիրները. եռանկյան երկու կողմերի որոշումը մեկ կողմի եւ երեք հայտնի անկյունների տվյալների հիման վրա, ուղիղ եւ հակադարձ գեոդեզիական խնդիրները:

Եթե մեծ տարածքների համար աշխարհագրական քարտեզներ ստեղծելիս կառուցեւմ են միջմերիդիանական եւ զուգահեռականների ցանց, ապա տեղագրական քարտեզներ եւ հատակագծեր կառուցելու համար ճարտարագիտական գեոդեզիայում օգտվում են ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգից:

Գեոդեզիայում ընդունված ուղղանկյուն կոորդինատային համակարգում X առանցքի դրական ուղղությունը համընկնում է միջօրեականի հյուսիսային ծայրի՝ N-ի, ուղղության հետ (նկ.4.20ա):

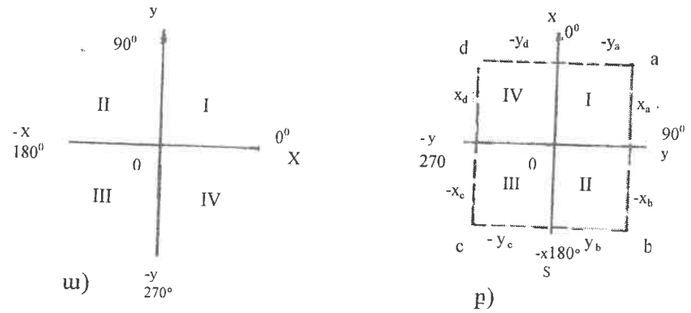
Այդ համակարգը կարելի է ստանալ մաթեմատիկայում ընդունված համակարգից (նկ.4.20բ), երբ վերջինս պտտվի 90°-ով ժամացույցի սլաքի հակառակ ուղղությամբ, որից հետո ստացված X առանցքի նկատմամբ պտույտն իրականացվի 180°-ով:

Գեոդեզիայում ընդունված կողմնորոշող դիրեկցիոն անկյունները հաշվում են ուղղաձիգ XX առանցքի նկատմամբ ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ ի տարբերություն մաթեմատիկայի, որտեղ եռանկյունաչափական ֆունկցիաների անկյունները աճում են ժամացույցի սլաքի շարժման հակառակ ուղղությամբ:

Նկարագրված առանցքների պտույտների շնորհիվ եռանկյունաչափական բանաձեւերը լիովին կիրառելի են դառնում գեոդեզիայում:

Յուրաքանչյուր կետի դիրքը որոշվում է դրա X աբսցիսով եւ Y օրդինատով: Կոորդինատների (X եւ Y) նշանները կախված են քառորդից, որում գտնվում է կետը (նկ.4.20ա): Պետական զոնայական կոորդինատային համակարգում որպես X առանցք ընդունվում է առանցքային միջօրեականի ուղղությունը, իսկ որպես Y առանցք՝ հասարակածային ուղղությունը:

Հաուսի կոորդինատային համակարգում կետերի X աբսցիսները հաշվում են հասարակածից, իսկ դրանք միշտ դրական են Հյուսիսային կիսագնդում: Օրդինատները հաշվում են յուրաքանչյուր զոնայում առանցքային միջօրեականի նկատմամբ, դրանք կարող են լինել, թե՛ դրական, թե՛ բացասական: Սակայն յուրաքանչյուր զոնայում կոորդինատային համակարգի սկզբնակետը տեղափոխվում է առանցքի ուղղությամբ դեպի ձախ՝ արեւմուտք, 500 կմ-ով: Դրա շնորհիվ բոլոր կետերի օրդինատները նույնպես ստացվում են դրական:



ա) բ)

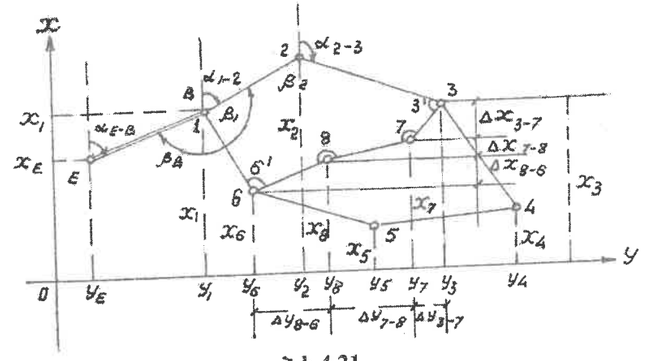
Նկ.4.20

Բացի X եւ Y առանցքներից գծագրի վրա որոշակի միջակայքով անց են կացնում առանցքներին զուգահեռ լրացուցիչ գծեր՝ մեկ, երկու կամ ավել կմ հեռավորության վրա: Ստեղծված ցանցը կոչվում է կիլոմետրային ցանց: Դա անհրաժեշտ է ինչպես հատակագիծ կառուցելու համար, այնպես էլ դրա օգտագործման համար: Ինչ վերաբերում է տեղագրական քարտեզներին, ապա դրանք բացի կիլոմետրային ցանցից ունեն նաեւ աշխարհագրական կոորդինատների՝ B-ի եւ L-ի, որոշման համար միջօրեականների եւ զուգահեռականների ցանց: Գոյություն ունեն բանաձեւեր, որոնց օգնությամբ կարելի է, ունենալով կետերի աշխարհագրական կոորդինատները, հաշվարկել ուղղանկյուն կոորդինատները, եւ հակառակը:

Ոչ մեծ հողակտորների համար, ինչպես նշվել էր, ուղղանկյուն կոորդինատների համակարգը կարող է ունենալ մասնական սկզբնակետ տեղավայրի ցանկացած մասում: Երբ կոորդինատային համակարգի սկզբնակետն ընդունվում է պայմանական, ապա X առանցքի ուղղությունը զուգահեռ է տվյալ տարածքի առանցքային միջօրեականին: Կետերի կոորդինատները կարող են ունենալ, թե՛ դրական եւ, թե՛ բացասական նշաններ, կախված նրանից, թե որ քառորդում է գտնվում կետը (նկ.4.20):

Ենթադրենք, թեոդոլիտային ընթացքը 1-2-3-4-5-6 տեղավորված է X եւ Y առանցքների նկատմամբ այնպես, ինչպես ցույց է տրված գծագրի վրա (նկ.4.21), այսինքն դրա բոլոր կետերի կոորդինատները դրական են: E եւ B կետերը իրենցից ներկայացնում են պետական գեոդեզիական ցանցի կետեր, որոնց X_E, Y_E եւ X_B, Y_B ուղղանկյուն կոորդինատները հայտնի են:

Դիտարկվող դեպքում պոլիգոնի 1 գագաթը համատեղված է պետական ցանցի B գագաթի հետ, ուստի $X_1=X_B$ եւ $Y_1=Y_B$: Որպեսզի տեղամասի թեոդոլիտային հանույթի արդյունքները հնարավոր լինի օգտագործել շրջանի տեղագրական քարտեզը կառուցելու համար, անհրաժեշտ է իմանալ թեոդոլիտային ընթացքի բոլոր գագաթների ուղղանկյուն կոորդինատները ընդհանուր պետական զոնայական կոորդինատային համակարգում: Դա հնարավոր է դառնում ուղիղ եւ հակադարձ գեոդեզիական խնդիրներ լուծելու միջոցով:



Նկ.4.21

Ուղիղ գեոդեզիական խնդիր

Հայտնի է տեղամասի 1-2 հատվածի հորիզոնական d_{1-2} պրոյեկցիայի երկարությունը, դրա դիրեկցիոն α_{1-2} անկյունը, կամ ռումբը՝ r_{1-2}, եւ 1 կետի ուղղանկյուն կոորդինատները՝ X_1, Y_1: Պահանջվում է որոշել 2-րդ կետի կոորդինատները՝ X_2 եւ Y_2:

Գծագրից (նկ.4.22) բխում է, որ

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2},$$
$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2}, \qquad (4.5)$$

եւ

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos\alpha_{1-2} = \pm d_{1-2} \cdot \mathrm{Cos}r_{1-2},$$
$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin\alpha_{1-2} = \pm d_{1-2} \cdot \mathrm{Sin}r_{1-2}, \qquad (4.6)$$

ուստի՝

$$X_2 = X_1 + d_{1-2} \cdot \text{Cos}\alpha_{1-2},$$
$$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \cdot \text{Sin}\alpha_{1-2} \qquad (4.7)$$

ΔX_{1-2} եւ ΔY_{1-2} անվանում են կոորդինատային աճեր (երկրորդ կետի կոորդինատների աճերն առաջին կետի նկատմամբ)՝

$$\Delta X_{1-2} = X_2 - X_1$$
$$\Delta Y_{1-2} = Y_2 - Y_1 \qquad (4.8)$$

Աճերի նշանները (4.6) բանաձեւի մեջ կախված են 1-2 հատվածի ուղղությունից եւ որոշվում են Cosα-ի եւ Sinα-ի նշաններով, կամ r_{1-2} румբի քառորդով, դրանք բերված են աղյուսակում (աղ.4.7) տարբեր քառորդների համար:

Աղյուսակ 4.7

Քառորդը	Քառորդների անվանումը	Դիրեկցիոն անկյան մեծության սահմանները	Կոորդինատային աճերի նշանները	
			ΔX	ΔY
I	NO(CB)	0°-90°	+	+
II	SO (ԹՕԲ)	90°-180°	–	+
III	SW (ԹՕԶ)	180°-270°	–	–
IV	NW (ՀԶ)	270°-360°	+	–

Աճերի նշանները կարելի է ստանալ նաեւ՝ ելնելով հետեւյալ դատողություններից:

NO(CB) ուղղություն ունեցող 1-2 հատվածի յուրաքանչյուր կետի X եւ Y կոորդինատները մեծ կլինեն 1 կետի X_1, Y_1-ից, ուստի, ΔX, ΔY աճերը դրական են (I քառորդ):

Եթե 1 կետից շարժվենք դեպի հարավ-արեւելք SO (ԹՕԲ), օրինակ, 1-6 գծի ուղղությամբ (նկ.4.21), ապա այդ գծի ցանկացած կետի X-ը (հանրահաշվորեն) փոքր կլինի X_1-ից ուստի ΔX-ը կլինի բացասական, իսկ Y-ը մեծ կլինի Y_1-ից, ΔY-ը կլինի դրական (աղ.4.7, II քառորդ):

Նույն դատողությամբ կարող ենք համոզվել նրանում, որ III քառորդում աճերն ունեն բացասական նշաններ, իսկ IV քառորդում ΔX-ը դրական է, իսկ ΔY-ը՝ բացասական:

Այսպիսով, (4.7) բանաձեւը կարելի է ներկայացնել նաեւ հետեւյալ տեսքով՝

$$X_2 = X_1 \pm d_{1-2} \cdot \text{Cos}r_{1-2},$$
$$Y_2 = Y_1 \pm d_{1-2} \cdot \sin r_{1-2}, \qquad (4.7')$$

որտեղ + կամ – նշանի ընտրությունը կախված է 1-2 գծի румբի անվանումից (աղյուսակ 4.7): Մասնավոր դեպքում (նկ.4.22) այդ նշանները դրական են:

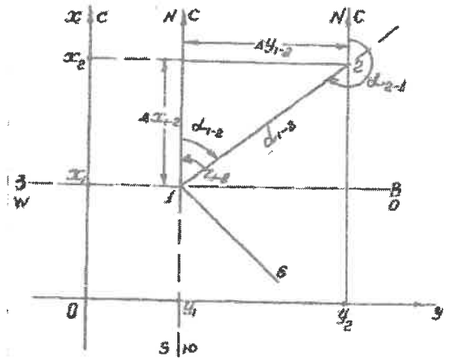
Բերված (4.7') բանաձեւերից օգտվելը ավելի հարմար է, որովհետեւ румբը իրենից ներկայացնում է սուր անկյուն, եւ կարիք չի լինում որոշել բութ անկյունների եռանկյունաչափական ֆունկցիաները:

Կոորդինատային ΔX եւ ΔY աճերը կարելի է հաշվել միկրոհաշվիչի միջոցով, կամ ստանալ դրանց հաշվման համար գոյություն ունեցող հատուկ աղյուսակներից:

Հակադարձ գեոդեզիական խնդիր

Հայտնի են 1-2 հատվածի ծայրակետերի ուղղանկյուն կոորդինատները՝ X_1, Y_1 եւ X_2, Y_2: Անհրաժեշտ է որոշել 1-2 ուղղության դիրեկցիոն անկյունը, румբը, եւ 1-2 հատվածի d_{1-2} հորիզոնական պրոյեկցիան:

Սկզբից որոշում են 1-2 ուղղության румբը՝ r_{1-2}: Գծագրից երեւում է (նկ.4.22), որ ΔY_{1-2} եւ ΔX_{1-2} աճերի արժեքների տվյալներով կարելի է հաշվարկել 1-2 ուղղության румբի թվային արժեքը հետեւյալ ձեւով:



Նկ.4.22

Օրինակ 1: $\text{tg}\, r_{1-2} = \dfrac{\Delta Y}{\Delta X} = \dfrac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X}$

Ենթադրենք ΔY=+154,76 մ, իսկ ΔX=+100,00 մ, ուստի

$$\text{tg}\, r_{1-2} = \frac{+154,76}{+100,00} = 1,5476$$

Եռանկյունաչափական ֆունկցիաների բնական արժեքների աղյուսակներից որոշում են румբի թվային արժեքը՝ 51°07′52″: Աղյուսակից (4.7) +ΔY-ի եւ +ΔX-ի համար ստանում են 1-2 գծի ուղղությունը, որը կլինի NO (I քառորդում): Ուստի румբը հավասար կլինի՝ r_{1-2}=NO: 57°07′52″, իսկ քանի որ I քառորդում α=r, ուստի α=57°07′52″:

Օրինակ 2: Ենթադրենք, ΔY=-154,76 մ, ΔX=-100,00 մ

Համաձայն (4.8) բանաձեւի՝ $\text{tg}\, r = \dfrac{-154,76}{-100,00} = 1,5476$, եւ румբի թվային արժեքը կլինի ինչպես, օրինակ, 1-ում՝ 57°07′52": Սակայն գծի ուղղությունը կլինի SW, քանի որ աճերը բացասական են (III քառորդ), ուստի r=SW: 57°07′52": Տվյալ դեպքում խոսքը գնում է 2-1 ուղղության մասին, որի դիրեկցիոն անկյունը հավասար կլինի՝

$$\alpha_{2-1} = 57°07′52" + 180° = 237°07′52" \quad (նկ.4.22)$$

Հատվածի (1-2) հորիզոնական պրոյեկցիան կարելի է որոշել հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$d_{1-2} = \frac{|\Delta X_{1-2}|}{\text{Cos}r_{1-2}} = \frac{|X_2 - X_1|}{\text{Cos}r_{1-2}}, \qquad (4.9)$$

$$d_{1-2} = \frac{|\Delta Y_{1-2}|}{\text{Sin}r_{1-2}} = \frac{|Y_2 - Y_1|}{\text{Sin}r_{1-2}}, \qquad (4.10)$$

$$d_{1-2} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \qquad (4.11)$$

Անհրաժեշտ է նշել, որ աճերը՝ $\Delta X_{1-2} = X_2 - X_1$, $\Delta Y_{1-2} = Y_2 - Y_1$, հաշվարկելիս պետք է ուշադիր լինել, որովհետեւ այդ գործողությունները ուրիշ ճանապարհով չեն ստուգվում:

4.5.7. Դիրեկցիոն անկյան փոխանցումը թեոդոլիտային ընթացքի գծին եւ կոօրդինատների փոխանցումը ընթացքի գագաթներին

Ինչպես տեսանք, ուղիղ գեոդեզիական խնդիրը լուծելու համար, այսինքն, ուղղանկյուն կոօրդինատները 1-2 հատվածի մի ծայրից մյուսին փոխանցելու համար բացի հատվածի երկարությունից անհրաժեշտ է նաեւ իմանալ ընթացքի (1-2) կողմի դիրեկցիոն անկյունը՝ α_{1-2}-ը, կամ ռումբը՝ r_{1-2}-ը:

Այն հնարավոր է գտնել երեք եղանակներով:

1) Աստղագիտական չափումների օգնությամբ, դիտելով աստղերը կամ արեգակը, կամ օգտագործելով գիրոթեոդոլիտ սարքը: Աստղագիտական ազիմուտից գծի դիրեկցիոն անկյանը անցնելիս օգտվում են $\alpha_{1-2}=A_{1-2}\pm\gamma$ բանաձեւից, այսինքն, հաշվի են առնում տվյալ կետով անցնող միջօրեականի եւ առանցքային միջօրեականի միջեւ գոյություն ունեցող մերձեցման անկյունը՝ γ-ն: Այս եղանակը ճշգրիտ եղանակ է, սակայն դա պահանջում է բավական մեծածավալ եւ ոչ հասարակ գործողություններ եւ հաշվարկներ:
2) Բուսսոլի օգնությամբ, չափելով 1-2 ուղղության մագնիսական ազիմուտը եւ հաշվի առնելով մագնիսական սլաքի հակման անկյունը՝ δ-ն, տվյալ կետում եւ վերեւում նշված γ անկյունը: Այս եղանակը չի կարող ապահովել բարձր ճշտություն, ուստի դա կիրառվում է ոչ մեծ տարածքների հանույթների ժամանակ: Այս դեպքում, ինչպես արդեն նշվել էր, գծերից մեկի, օրինակ, 1-2 կողմի, մագնիսական ազիմուտը հաճախ ընդունում են հավասար դրա դիրեկցիոն անկյանը:
3) Եթե 1-2 կողմից ոչ հեռու գտնվում են պետական ցանցի B եւ A կետերը, որոնց X_B, Y_B եւ X_A, Y_A ուղղանկյուն կոօրդինատները հայտնի են, ապա 1-2 ուղղության դիրեկցիոն անկյունը կարելի է որոշել՝ տեղակապելով 1-2 գիծը պետական ցանցի EB կողմի հետ: Տեղակապումը իրականացնելու համար անց են կացնում լրացուցիչ թեոդոլիտային (նկ.4.10) ընթացք, կամ օգտվում են եռանկյունավորման (տրիլատերացիոն) մեթոդից՝ կատարելով անհրաժեշտ գծային եւ անկյունային չափումներ:

Այսպիսով, տեղակապում են անվանում այն գործողությունները, որոնք իրականացվում են պետական, կամ խորացման ցանցից հանույթային ցանց դիրեկցիոն անկյունների եւ ուղղանկյուն կոօրդինատների փոխանցման նպատակով: Եթե, մասնավոր դեպքում, հանույթային ցանցի (թեոդոլիտային ընթացքի) կետերից մեկը, օրինակ, 1 կետը, նախապես համատեղված է պետական ցանցի կետերից որեւէ մեկի հետ՝ B կետի հետ գծագրի վրա, (նկ.4.21), ապա խնդրի լուծումը ավելի է հեշտանում:

Դիտարկենք այս դեպքը: Քանի որ A եւ B կետերը պատկանում են պետական ցանցին, ուստի հայտնի են դրանց կոօրդինատները ուղանկյուն գոնայական կոօրդինատների համակարգում եւ հայտնի է AB ուղղության α_{A-B} դիրեկցիոն անկյունը, որը հաշվարկվել է հակադարձ գեոդեզիական խնդրի լուծման հիման վրա (նկ.4.21)՝

$$tgr_{E-B}=\frac{Y_B-Y_E}{X_B-X_E} \qquad (4.12)$$

Թեոդոլիտային 1,2,..6 ընթացքի 1-2 կողմի դիրեկցիոն անկյունը որոշելու համար անհրաժեշտ է տեղամասի վրա չափել β_B հորիզոնական անկյունը: Եթե շարժվենք E կետից դեպի B կետը եւ B-ից դեպի 2 կետը, ապա β_B անկյունը կգտնվի շարժման ընթացքի նկատմամբ աջից: Ընդունված է չափել աջակողմյան անկյունները: Այդ անկյունն անվանում են տեղակապման անկյուն B կետում:

1-2 կողմի α_{1-2} դիրեկցիոն անկյունը որոշում են համաձայն հետեւյալ բանաձեւի՝

$$\alpha_{1-2}=\alpha_{E-B}+180^\circ-\beta_B \qquad (4.13)$$

Եթե ($\alpha_{E-B}+180°$)<β_B , դրան գումարում են 360°: *Այսպիսով, ընթացքի հաջորդ կողմի դիրեկցիոն անկյունը՝ α_{1-2}-ը, հավասար է նախորդ կողմի դիրեկցիոն անկյանը (α_{E-B}) ՝ գումարած 180° եւ հանած β_B աջակողմյան անկյո ին.*

Որպեսզի ստացված α_{1-2} դիրեկցիոն անկյան հիման վրա հաշվարկենք 2-3 կողմի դիրեկցիոն անկյունը, պետք է չափենք այդ երկու կողմերով կազմված β_2 աջակողմյան հորիզոնական անկյունը, որովհետեւ $\alpha_{2-3}=\alpha_{1-2}+180^\circ-\beta_2$:

Այդ անկյունը դաշտում չափվել է թեոդոլիտային ընթացքը անցկացնելիս: Սակայն նախքան β_2 անկյան օգտագործելը դրա չափումից ստացված արժեքը պետք է ճշտվի թեոդոլիտային ընթացքի անկյունային անկապքը որոշելուց հետո: Այդ նպատակով կատարում են թեոդոլիտային ընթացքի մշակումը:

4.5.8. Թեոդոլիտային ընթացքների մշակումը

Հաշվարկային աշխատանքները սկսում են անկյունաչափական մատյաններում (աղ.4.5) կատարված թվաբանական գործողությունների ստուգումներից: Ստուգում են յուրաքանչյուր կիսանվագում ստացված անկյունների արժեքները, դրանց միջին թվաբանականը: Ստուգումների վրա մեծ ուշադրություն են դարձնում, որովհետեւ չհայտնաբերված չնչին սխալը դաշտային նյութերի մշակման ընթացքում կարող է պատճառ դառնալ կրկնելու բոլոր հաշվարկման աշխատանքները:

Մատյաններում ստուգումներ կատարելուց հետո անկյունների միջին արժեքները գրում են հատուկ սխեմատիկ գծագրի վրա (նկ.4.14) յուրաքանչյուր գագաթի մոտ, իսկ գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաների արժեքները գրում են յուրաքանչյուր կողմի մեջտեղում: Սխեմայի վրա նշվում է նաեւ միջօրեականի ուղղությունը:

Փակ բազմանկյան չեւ ունեցող թեոդոլիտային ընթացքների անկյունային անկապքի հաշվարկումը եւ չափված անկյունների հավասարակշռումը: Կողմերի դիրեկցիոն անկյունների որոշումը:

Վերեւում նշված հաշվարկները կատարվում են հետեւյալ հաջորդականությամբ:

1. Որոշում են փակ բազմանկյան ներքին անկյունների տեսական գումարը՝ $\sum_1^n \beta_{\text{տեսական}}$, հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\sum_1^n \beta_{\text{տեսակ}}=180°(n-2), \qquad (4.14)$$

որտեղ n-ը անկյունների թիվն է:

Չափումներից ստացված անկյունների գումարը, որն անվանում են գործնական գումար, հավասար է $\sum_1^n \beta_{\text{գործնական}}=\beta_1+\beta_2+\ldots\ldots+\beta_n$ եւ տարբերվում է տեսական գումարից չափումների ընթացքում թույլ տրված սխալների պատճառով: Գործնական եւ տեսական գումարների տարբերությունը անվանում են անկյունային անկապք եւ նշանակում են f_β՝

$$f_\beta=\sum_1^n \beta_{\text{գործ.}}-\sum_1^n \beta_{\text{տես.}}=\sum_1^n \beta_{\text{գործ.}}-180°(n-2) \qquad (4.15)$$

2. Անկյունային անկապքը որոշելուց հետո այն համեմատում են թույլատրելի անկապքի հետ, որը հաշվարկում են հետեւյալ բանաձեւով՝ $f_{\beta\text{թույլատր.}}=1,5t\sqrt{n}$, որտեղ t-ն թեոդոլիտի հորիզոնական շրջանի վրա հաշվանք կարդալու ճշտությունն է:

Մետաղական լիմբեր ունեցող թեոդոլիտների համար t=1', կամ t=30":

Օպտիկական (T30, T15) թեոդոլիտների համար անկապքը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$f_{\beta\text{թույլատի.}}=3m\sqrt{n}$, որոշ դեպքերում ընդունում են՝

$f_{\beta\text{թույլ.}}=2m\sqrt{n}$, (4.16)

որտեղ m-ը անկյան չափման միջին քառակուսային սխալն է: Օրինակ՝ 2T30 թեոդոլիտի համար m=30" եւ $f_\beta=3m\sqrt{n}=1,5'\sqrt{n}$, եթե անկյունը չափվել է մեկ նվագով:

3. Եթե նշված պայմանը բավարարված է, ստացված անկյունային անկապքը բաշխում են հակառակ նշանով բոլոր չափված անկյունների միջեւ, տալով դրանց համապատասխան ուղղումներ: Այդ գործողությունը անվանում են հավասարակշռում:

Եթե պոլիգոնի կողմերի երկարությունները խստիվ չեն տարբերվում միմյանցից, ապա անկապքը հավասարաչափ բաժանում են անկյունների միջեւ հակառակ նշանով, այսինքն, ուղղումը՝ v-ն, յուրաքանչյուր անկյան համար որոշում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$v = -\frac{f_\beta}{n} \qquad (4.17)$$

Պարզ է, որ բոլոր ուղղումների գումարը պետք է հավասար լինի անկապքի մեծությանը հակառակ նշանով՝

$$\sum v = -f_\beta \qquad (4.18)$$

Այն դեպքերում, երբ ընթացքի կողմերի երկարությունները զգալի չափով տարբերվում են միմյանցից, կարճ կողմեր ունեցող անկյուններին անհրաժեշտ է տալ բացարձակ արժեքով ավելի մեծ ուղղումներ, այսինքն, անկապքը պետք է բաշխել անկյունների միջեւ դրանց կողմերի երկարություններին հակադարձ համեմատական: Սակայն սովորաբար անկապքը՝ f_β-ն, չի բաժանվում անկյունների թվի վրա առանց մնացորդի, ուստի անհրաժեշտություն է առաջանում որոշ անկյուններին տալ ավելի մեծ ուղղում, իսկ մյուսներին՝ պակաս: Այս դեպքերում նույնպես հաշվի են առնում անկյան կողմերի երկարությունները: Բայց այն է, որ անկյունը չափելու ընթացքում թեոդոլիտի կենտրոնադրման եւ նշածողի տեղադրման ժամանակ թույլ տրված սխալները առավել են ազդում այն անկյան վրա, որի կողմերը կարճ են:

4. Ուղղված անկյունների մեծությունները որոշելուց հետո կատարում են թվաբանական գործողությունների ստուգում: Ուղղված անկյունների գումարը պետք է ճիշտ հավասար լինի տեսական գումարին, այսինքն՝

$$\sum \beta^{\text{ուղղված}} = 180°(n-2) \qquad (4.19)$$

5. Ստուգումը կատարելուց հետո հաջորդաբար որոշում են ընթացքի (պոլիգոնի) բոլոր կողմերի դիրեկցիոն անկյունները: Որպես հիմք ընդունում են տեղակապումից ստացված 1-2 կողմի դիրեկցիոն անկյան մեծությունը եւ ուղղված անկյունների արժեքները: Այնուհետեւ կիրառում են վերեւում հիշատակված օրինաչափությունը, որի համաձայն հաջորդ կողմի դիրեկցիոն անկյունը հավասար է նախորդի դիրեկցիոն անկյանը, գումարած 180° եւ հանած այդ կողմերով կազմված աջակողմյան ուղղված անկյան մեծությունը. ա)եթե նշված գումարը փոքր է աջակողմյան անկյունից, դրան գումարում են 360°; բ) եթե ստացված արդյունքը՝ հաջորդ կողմի α-ն, մեծ է 360°-ից, դրանից հանում են 360°:

$$\begin{aligned}
&\alpha_{2-3}=\alpha_{1-2}+180°-\beta_2^{\text{ուղղվ.}},\\
&\alpha_{3-4}=\alpha_{2-3}+180°-\beta_3^{\text{ուղղվ}},\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\
&\alpha_{6-1}=\alpha_{5-6}+180°-\beta_6^{\text{ուղղվ}}
\end{aligned} \qquad (4.20)$$

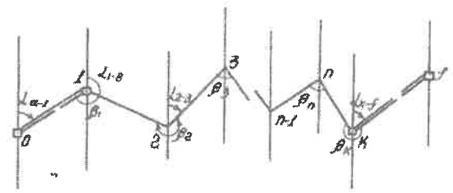
ստուգում $\alpha_{1-2}=\alpha_{6-1}+180°-\beta_1^{\text{ուղղվ}}$

Ինչպես տեսնում ենք, թվաբանական գործողությունները ստուգելու համար տվյալ դեպքում կրկին որոշում են 1-2 կողմի դիրեկցիոն անկյունը: Ստացված α_{1-2} արժեքը պետք է համընկնի դրա սկզբնական արժեքի հետ: Իրոք, եթե գումարենք (4.20) հավասարումների ձախ եւ աջ մասերը, ապա կստանանք՝

$\alpha_{1-2}=\alpha_{1-2}+n.180°-\sum\beta^{\text{ուղղված}}=\alpha_{1-2}+n.180°-(n-2)180°=\alpha_{1-2}+360°$, որտեղ 360°-ը անտեսվում է:

4.5.9 Կայուն կողմերի վրա հենվող թեոդոլիտային ընթացքի գծերի դիրեկցիոն անկյունների հաշվարկումը

Գծագրի (նկ.4.23) վրա ցույց է տրված թեոդոլիտային ընթացքը, որը հենվում է 0-1 եւ k-f կայուն կողմերի վրա: Կայուն են անվանում այն կողմերը, որոնց ծայրակետերի համար (0,1,k,f) հայտնի են ուղղանկյուն կոօրդինատները եւ, ուստի հայտնի են այդ կողմերի դիրեկցիոն անկյունները (α_{0-1} եւ α_{k-f}), որոնք անվանում են նաեւ ելման: Հանույթի ընթացքում չափվել են, որոշ սխալներով, ընթացքի աջակողմյան անկյունները՝ $\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_k$:



Նկ.4.23

Նախքան 1-2, 2-3 եւ այլ կողմերի դիրեկցիոն անկյունների հաշվարկելը, անհրաժեշտ է գտնել չափված անկյունների գումարի մեջ պարունակվող սխալը, այսինքն, անկյունային f_β անկապքը: Այդ խնդիրը լուծելու համար անհրաժեշտ է որոշել անկյունների տեսական գումարը, քանի որ

$$f_\beta=\sum\beta^{\text{գործնական}}-\sum\beta^{\text{տեսական}} \qquad (4.21)$$

Անկյունների տեսական գումարը գտնելու համար օգտվում են կայուն կողմերի դիրեկցիոն անկյունների մեծություններից, որոնք ճշգրիտ են համարվում:

Հաջորդաբար հաշվարկելով կողմերի դիրեկցիոն անկյունները, կստանանք՝

$$\begin{aligned}
&\alpha_{1-2}=\alpha_{0-1}+180°-\beta_1\\
&\alpha_{2-3}=\alpha_{1-2}+180°-\beta_2\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\\
&\alpha_{k-f}=\alpha_{n-k}+180°-\beta_k
\end{aligned}$$

Գումարելով հավասարումների աջ եւ ձախ մասերը եւ կատարելով կրճատումներ՝ կստանանք՝

$$\alpha_{k-f}=\alpha_{0-1}+n.180°-\sum_1^k\beta^{\text{տեսական}},$$

$$\sum_1^k\beta^{\text{տեսական}}=\alpha_{0-1}-\alpha_{k-f}+180°\cdot n, \qquad \text{որտեղ}$$

n-ն ընթացքի աջակողմյան անկյունների թիվն է, (n-1)-ը կողմերի թիվն է:

Ստացված $\sum_1^k\beta^{\text{տես.}}$ գումարը ներկայացնում է աջակողմյան անկյունների (β_1-ից մինչեւ β_k) տեսական գումարը, որովհետեւ այդ գումարը որոշվում է կայուն անսխալ α_{0-1} եւ α_{k-f} դիրեկցիոն անկյունների տվյալների հիման վրա:

Նշանակենք $\alpha_{0-1}=\alpha_{\text{սկզբնական}}$, իսկ $\alpha_{k-f}=\alpha_{\text{վերջնական}}$, հետեւապես, կարող ենք գրել՝

$$\sum\beta^{\text{տեսական}}=\alpha_{\text{սկզբնական}}-\alpha_{\text{վերջնական}}+180°\cdot n \qquad (4.22)$$

Քննարկվող օրինակի համար անկյունային անկապքը հավասար կլինի՝

$$f_\beta=\beta_1^{\text{գործ.}}+\beta_2^{\text{գործ.}}+\ldots+\beta_K^{\text{գործ.}}-[\alpha_{0-1}-\alpha_{K-f}+180°n] \qquad (4.23)$$

Այն համեմատվում է թույլատրելի $f_{\beta}^{\text{թույլ.}}$ անկապքի հետ, որը հավասար է՝ $f_{\beta}^{\text{թույլ.}}=3m\sqrt{n}$, եթե անտեսված են $\alpha_{\text{սկզբ.}}$ եւ $\alpha_{\text{վերջ.}}$ դիրեկցիոն անկյունների սխալները: Անկյունագծային ընթացքի համար $f_{\beta}^{\text{թույլ.}}=4m_{\beta}\sqrt{n}$, եթե այդ սխալներն անտեսված չեն:

Ինչպես տեսնում ենք, անկյունագծային ընթացքի համար $f_{\beta}^{\text{թույլ.}}$ մոտ 1,5 անգամ ավելի մեծ է հիմնական պոլիգոնի թույլատրելի անկապքից, որովհետեւ հաշվի է առնված ելման (կայուն) կողմերի դիրեկցիոն անկյունների հնարավոր սխալները:

Եթե $f_{\beta}\le f_{\beta}^{\text{թույլ.}}$-ից, ապա կատարում են f_{β} անկապքի բաշխումը չափված անկյունների միջեւ հակառակ նշանով: Ուղղված կամ հավասարակշռված անկյուններ ստանալուց հետո կատարում են ստուգում: Այդ անկյունների գումարը պետք է հավասար լինի տեսական գումարին՝

$$\sum_{1}^{k}\beta^{\text{ու}}=\alpha_{0-1}-\alpha_{K-f}+180°n$$

Ստուգումից հետո բանաձեւերով (4.20) հաշվում են ընթացքի կողմերի դիրեկցիոն անկյունները՝ տեղադրելով այդ բանաձեւերի մեջ ուղղված β_1, β_2..... անկյունների արժեքները:

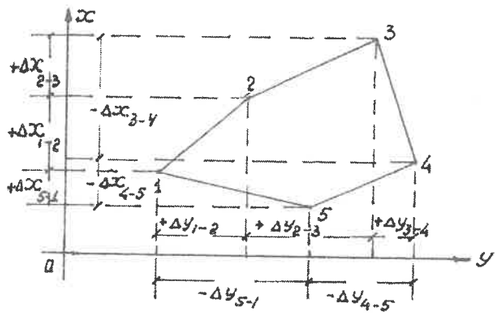
$$\alpha_{1-2}=\alpha_{0-1}+180°-\beta_1^{\text{ուղղվ.}},$$
$$\alpha_{2-3}=\alpha_{1-2}+180°-\beta_2^{\text{ուղղվ}},$$
.....
.....
$$\alpha_{n-k}=\alpha_{(n-1)-n}+180°-\beta_n^{\text{ուղղվ}}$$

ստուգում $\alpha_{k-f}=\alpha_{n-k}+180°-\beta_k^{\text{ուղղվ}}$

Այս ստուգման ընթացքում ստացված k-f կողմի դիրեկցիոն անկյունը համեմատվում է նախօրոք հայտնի դրա ճշգրիտ արժեքի հետ: Այդ անկյունների համընկնելու դեպքում համարվում է, որ թվաբանական գործողությունները դիրեկցիոն անկյունների հաշվարկման ընթացքում կատարվել են անսխալ:

4.5.10 Թեոդոլիտային ընթացքների գագաթների ուղղանկյուն կոորդինատների որոշումը

Դիտարկենք այն դեպքը, երբ թեոդոլիտային ընթացքը ներկայացնում է փակ պոլիգոն: Պարզության համար գծագրի (նկ.4.24) վրա ցույց է տրված հինգ գագաթից բաղկացած պոլիգոն, որի 1 գագաթը համատեղված է պետական գեոդեզիական ցանցի B կետի հետ, որի կոորդինատներն են X_1-ը եւ Y_1-ը: Քանի որ մեզ արդեն հայտնի են պոլիգոնի բոլոր կողմերի դիրեկցիոն անկյունները, ապա 2, 3 եւ այլ գագաթների ուղղանկյուն կոորդինատները ստանալու համար անհրաժեշտ է հաջորդաբար լուծել ուղիղ գեոդեզիական խնդիր:



Նկ.4.24

Օրինակ՝ 2 գագաթի կոորդինատները հավասար կլինեն՝

$X_2 = X_1+\Delta X_{1-2}$; $\Delta X_{1-2}=d_{1-2}.\text{Cos}\alpha_{1-2}=\pm\, d_{1-2}.\text{Cos}r_{1-2}$

$Y_2=Y_1+\Delta Y_{1-2}$; $\Delta Y_{1-2}=d_{1-2}.\text{Sin}\alpha_{1-2}=\pm\, d_{1-2}.\text{Sin}r_{1-2}$

Ընթացքի 1-2 կողմի հորիզոնական պրոյեկցիան որոշվում է § 1.3.6-ում բերված բանաձեւերով: Քանի որ գծերի չափված արժեքները պարունակում են անխուսափելի սխալներ, հաշվարկված ΔX եւ ΔY աճերը նույնպես կպարունակեն սխալներ: Այդ պատճառով նախքան գագաթների կոորդինատների հաշվարկելը անհրաժեշտ է կատարել հաշվարկված աճերի հավասարակշռումը: Գծագրից (նկ.4.24) երեւում է, որ, եթե պոլիգոնի գագաթների կոորդինատների աճերը անսխալ լինեն, ապա դրանց հանրահաշվական գումարը պետք է հավասար լինի զրոյի՝

$$\sum\Delta X^{\text{տեսական}}=0;\ \sum\Delta Y^{\text{տեսական}}=0 \qquad (4.24)$$

Գործնականում $\sum\Delta X^{\text{գործնական}}\ne 0$ $\sum\Delta Y^{\text{գործնական}}\ne 0$

100Ուստի գործնական եւ տեսական գումարները կտարբերվեն միմյանցից, եւ կառաջանան աճերի անկապքներ՝ f_X եւ f_Y՝

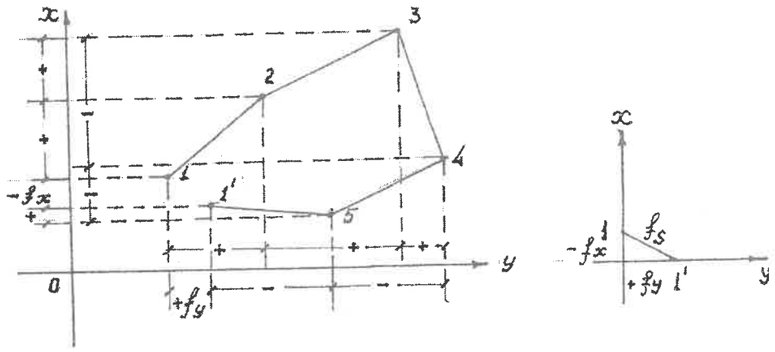
$$f_X=\sum\Delta X^{\text{գործ.}}-\sum\Delta X^{\text{տեսակ}}$$
$$f_Y=\sum\Delta Y^{\text{գործ.}}-\sum\Delta Y^{\text{տեսակ.}} \qquad (4.25)$$

Փակ բազմանկյան դեպքում՝

$f_X=\sum\Delta X^{\text{գործ.}}$,

$f_Y=\sum\Delta Y^{\text{գործ}}$,

Ենթադրենք, որ f_X-ը ստացվել է բացասական ($-f_X$), իսկ f_Y-ը՝ դրական ($+f_Y$): Այս դեպքում պատկերը կլինի այնպիսին, ինչպես ցույց է տրված գծագրի վրա (նկ.4.25): 1' կետը չի համընկնի 1 կետի հետ, եւ կառաջանա f_S գծային անկապքը, որի բացարձակ արժեքը հավասար կլինի (նկ.4.25բ)՝



Նկ.4.25

$$f_S=\sqrt{f_X^2+f_Y^2} \qquad (4.26)$$

Այդ f_S անկապքի մեծությունը գլխավորապես կախված է բազմանկյան P պարագծից, ուստի դրա թույլատրելի չափը որոշում են այդ պարագծից ելնելով: Օրինակ՝ թեոդոլիտային փակ ընթացքի համար գծերի չափման բարենպաստ պայմաններում պահանջվում է, որպեսզի անկապքը փոքր լինի պոլիգոնի պարագծի $\frac{1}{2000}$ մասից, այսինքն՝

$$f_S\le\frac{P}{2000}, \qquad (4.27)$$

կամ $f_S\le\frac{\sum d}{2000}$, կամ հարաբերական սխալը $\frac{f_S}{P}\le\frac{1}{2000}$:

Այս պայմանի բավարարման դեպքում համարում են, որ պոլիգոնի կողմերի հորիզոնական պրոյեկցիաները որոշված են բավարար ճշտությամբ, ու անցնում են նյութերի մշակման հաջորդ քայլին՝ անկապքի վերացմանը:

Գծային անկապքը՝ f_S-ը, վերացնելու համար անհրաժեշտ է բաշխել f_X եւ f_Y բաղադրիչները ΔX եւ ΔY աճերի միջեւ հակառակ նշանով գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաներին համեմատական: Դրա համար անհրաժեշտ է հաշվել յուրաքանչյուր ΔX-ին եւ ΔY-ին հասնող δ_X եւ δ_Y ուղղումները: Օրինակ՝ ΔX_{1-2}-ին տրվող ուղղումը հավասար կլինի՝

$$\delta_{X_{1-2}} = -\frac{f_X}{\sum d}\cdot d_{1-2} \qquad (4.28)$$

Քանի որ անկապքի f_X բաղադրիչը ստացվել է բացասական նշանով (նկ.4.25), ուստի՝

$$\delta_{X_{1-2}} = -\frac{(-f_X)}{\sum d}\cdot d_{1-2} = \frac{f_X}{\sum d}\cdot d_{1-2}$$

Նույն դատողությամբ՝

$$\delta_{Y_{1-2}} = -\frac{f_Y}{\sum d}\cdot d_{1-2}$$

Հաշվարկների ընթացքում սկզբից որոշում են $\frac{f_X}{P}$ եւ $\frac{f_Y}{P}$ մեծությունները՝ կլորացնելով նախապես ստացված արժեքները մինչեւ սանտիմետրերը, որից հետո բազմապատկում են d-ի արժեքով, որը կլորացվում է մինչեւ մետր: Արդյունքը՝ δ_X-ը եւ δ_Y-ը, կլորացվում է մինչեւ սանտիմետր:

Բոլոր աճերի համար $\delta_{X_{1-2}}, \delta_{X_{2-3}}, ..., \delta_{Y_{1-2}}, \delta_{Y_{2-3}}$ ...ուղղումները հաշվելուց հետո կատարում են թվաբանական գործողությունների ստուգումը, ելնելով նրանից, որ δ_X եւ δ_Y ուղղումների գումարը պետք է հավասար լինի f_X կամ f_Y մեծություններին հակառակ նշանով, քանի որ

$$\delta_{X_{1-2}} + \delta_{X_{2-3}} + ... = -(\frac{f_X}{P}\cdot d_{1-2} + \frac{f_X}{P}\cdot d_{2-3} + ...) = \qquad (4.29)$$

$$= -\frac{f_X}{P}(d_{1-2} + d_{2-3} + ...) = -f_X$$

եւ

$$\delta_{Y_{1-2}} + \delta_{Y_{2-3}} + ... = -(\frac{f_Y}{P}\cdot d_{1-2} + \frac{f_Y}{P}\cdot d_{2-3} + ...) =$$

$$-\frac{f_Y}{P}\cdot\sum d = -f_Y$$

Ստուգումը կատարելուց հետո հաշվարկում են ուղղված աճերը հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$\Delta X_{1\text{-}2}^{\text{ուղղված}} = \Delta X_{1-2} + \delta_{X_{1-2}},$$

$$\Delta X_{2\text{-}3}^{\text{ուղղված}} = \Delta X_{2-3} + \delta_{X_{2-3}},$$

.....

.....

$$\Delta Y_{1\text{-}2}^{\text{ուղղված}} = \Delta Y_{1-2} + \delta_{Y_{1-2}}, \qquad (4.30)$$

$$\Delta Y_{2\text{-}3}^{\text{ուղղված}} = \Delta Y_{2-3} + \delta_{Y_{2-3}},$$

.....

Ուղղումները եւ աճերը գումարվում են միմյանց հանրահաշվորեն: Օրինակ՝ եթե $\Delta X_{1\text{-}2}$=-125,37 մ, իսկ $\delta_{X_{1-2}}$ =+0,04 մ, ապա $\Delta X_{1\text{-}2}^{\text{ուղղված}}$=-125,37+0,04=-125,33:

Ուղղված աճերի ստացված արժեքները ստուգվում են, ելնելով հետեւյալից՝

$$\Delta X_{1\text{-}2}^{\text{ու}} = \Delta X_{1-2} + \delta_{X_{1-2}}$$

$$\Delta X_{2\text{-}3}^{\text{ու}} = \Delta X_{2-3} + \delta_{X_{2-3}}$$

.....

$$\Delta X_{5\text{-}1}^{\text{ու}} = \Delta X_{5-1} + \delta_{X_{5-1}}$$

$$\sum\Delta X^{\text{ու}} = \sum\Delta X + \sum\delta_X = f_X - f_X = 0$$

Նույնը վերաբերում է ուղղված $\Delta Y^{\text{ու}}$ աճերին: Դրանց հանրահաշվական գումարը փակ բազմանկյան դեպքում պետք է հավասար լինի զրոյի՝

$$\sum\Delta Y^{\text{ու}} = 0 \qquad (4.31)$$

Կոորդինատների ուղղված աճերը ստանալուց հետո հաշվարկում են գագաթների ուղղանկյուն կոորդինատները՝ X-ը եւ Y-ը, հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$X_{K+1} = X_K + \Delta X^{\text{ու}}_{K\text{-}(K+1)},$$

$$Y_{K+1} = Y_K + \Delta Y^{\text{ու}}_{K\text{-}(K+1)} \qquad (4.32)$$

Այսինքն, հաջորդ գագաթի ուղղանկյուն կոորդինատը հավասար է նախորդ գագաթի կոորդինատին գումարած ուղղված աճը իր նշանով: Համարվում է, որ X_K եւ Y_K հայտնի են:

Դիտարկվող օրինակում (նկ.4.24) հայտնի են 1 գագաթի կոորդինատները, քանի որ այդ գագաթը համատեղված է պետական ցանցի B կետի հետ:

Ուստի կարող ենք հաշվարկել մնացած չորս գագաթների կոորդինատները հետեւյալ հաջորդականությամբ՝

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1\text{-}2}^{\text{ու}}$$

$$X_3 = X_2 + \Delta X_{2\text{-}3}^{\text{ու}}$$

$$X_4 = X_3 + \Delta X_{3\text{-}4}^{\text{ու}}$$

$$X_5 = X_4 + \Delta X_{4\text{-}5}^{\text{ու}}$$

ստուգում $X_1 = X_5 + \Delta X_{5\text{-}1}^{\text{ու}}$

Եթե թվաբանական գործողությունները կատարվել են առանց սխալների, ապա 5-րդ կետի X_5 կոորդինատի եւ $\Delta X_{5\text{-}1}^{\text{ու}}$ աճի միջոցով հաշվարկված 1 կետի X_1 կոորդինատը պետք է ստացվի հավասար նախօրոք հայտնի X_1 կետի կոորդինատին:

Նույն ճանապարհով հաշվարկում են գագաթների Y կոորդինատները՝

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y^{\text{ու}}_{1\text{-}2}$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta Y^{\text{ու}}_{2\text{-}3}$$

.....

.....

$$Y_5 = Y_4 + \Delta Y^{\text{ու}}_{4\text{-}5}$$

ստուգում $Y_1 = Y_5 + \Delta Y^{\text{ու}}_{5\text{-}1}$

4.5.11 Անկյունագծային ընթացք

Գծագրի (նկ.4.21) վրա ներկայացված 6 գագաթից բաղկացած պոլիգոնի 3-7-8-6 անկյունագծային ընթացքը, որը ծառայում է պոլիգոնի ներսում գտնվող տարածքի հանույթը կատարելու համար: Չափված են 2, 3, 7, 8, 6, 1 ընթացքի 3', 7, 8, 6' աջակողմյան հորիզոնական անկյունները, գծերի երկարությունները եւ դրանց թեքության անկյունները: Ընթացքի 7 եւ 8 գագաթների X եւ Y կոորդինատների որոշումը կատարում են հիմնական պոլիգոնի հետ կապված բոլոր հաշվարկները վերջացնելուց հետո: Դա նշանակում է, որ 3-7-8-6 անկյունագծային ընթացքը կարելի է դիտել որպես թեոդոլիտային ընթացք, որը հենվում է 2-3 եւ 6-1 կայուն կողմերի վրա: Կարելի է որպես կայուն կողմեր ընտրել նաեւ 3-4 եւ 6-5 կողմերը: Այդ կողմերի համար հայտնի են թե՛ դիրեկցիոն անկյունները, թե՛ ծայրակետերի ուղղանկյուն կոորդինատները (X_3, Y_3) եւ (X_6 , Y_6):

Հաշվարկները, որոնց վերջնական նպատակն է որոշել 7 եւ 8 գագաթների կոորդինատները, կատարվում են հետեւյալ հաջորդականությամբ:

1. Անկյունաչափական մատյանում ստուգվում են 3', 7, 8, 6' չափված անկյունների միջին արժեքները:
2. Որոշում են նշված անկյունների գումարի անկապքը, որը հավասար է՝

$$f_\beta = \sum\beta^{\text{գործնական}} - \sum\beta^{\text{տեսական}}$$

$$\sum\beta^{\text{գ}} = \beta'_3 + \beta_7 + \beta_8 + \beta_6'$$

$$\sum\beta^{\text{տ}} = \alpha_{2\text{-}3} - \alpha_{6\text{-}1} + 180°.n \; ; \; n=4, \text{ եթե}$$

$$f_\beta = (\beta'_3 + \beta_7 + \beta_8 + \beta_6') - \alpha_{2\text{-}3} + \alpha_{6\text{-}1} - 180°.n \qquad (4.33)$$

3. Համեմատում են տվյալ ընթացքի համար ստացված անկապքը դրա թույլատրելի մեծության հետ՝

$$f_\beta \le 4m\sqrt{n} = 4m\sqrt{4} = 8m \qquad (4.34)$$

Եթե անկյունները չափվել են 2T30 թեոդոլիտով, ապա f_β-ն չպետք է գերազանցի 4'-ը, որովհետեւ m=30": Եթե անկապքը ստացվել է թույլատրելի սահմաններում, կատարում են դրա բաշխումը չափված անկյունների միջեւ, այսինքն, հավասարակշռում են անկյունները եւ ստանում են դրանց ուղղված արժեքները՝ $\beta'^{ու}_3$, $\beta^{ու}_7$, եւ այլն:

4. Հիմք ընդունելով 2-3 կողմի α_{2-3} դիրեկցիոն անկյունը, հաջորդաբար հաշվարկում են անկյունագծային ընթացքի կողմերի դիրեկցիոն անկյունները եւ ռումբերը՝

$$\alpha_{3-7} = \alpha_{2-3} + 180° - \beta'^{ու}_3$$
$$\alpha_{7-8} = \alpha_{3-7} + 180° - \beta^{ու}_7$$
$$\alpha_{8-6} = \alpha_{7-8} + 180° - \beta^{ու}_8$$

ստուգում $\alpha_{6-1} = \alpha_{8-6} + 180° - \beta'^{ու}_6$

5. Որոշում են ընթացքի գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաները:
6. Հաշվարկում են ընթացքի գագաթների կոորդինատային աճերը՝

$$\Delta X_{3-7} = \pm d_{3-7}.Cosr_{3-7} \qquad \Delta Y_{3-7} = \pm d_{3-7}.Sinr_{3-7}$$
$$\Delta X_{7-8} = \pm d_{7-8}.Cosr_{7-8} \qquad \Delta Y_{7-8} = \pm d_{7-8}.Sinr_{7-8}$$
$$\Delta X_{8-6} = \pm d_{8-6}.Cosr_{8-6} \qquad \Delta Y_{8-6} = \pm d_{8-6}.Sinr_{8-6}$$

Այս հաշվարկներն ստուգելու համար օգտվում են հետեւյալ պարզ օրինաչափությունից (նկ.4.21)՝

$$\Delta X_{3-7} + \Delta X_{7-8} + \Delta X_{8-6} = X_6 - X_3$$
$$\Delta Y_{3-7} + \Delta Y_{7-8} + \Delta Y_{8-6} = Y_6 - Y_3$$

X_3, X_6 եւ Y_3, Y_6 մեծությունները նախօրոք հայտնի են: Դրանք որոշվել են փակ պոլիգոնի գագաթների կոորդինատների հաշվարկման ընթացքում եւ համարվում են կայուն, անսխալ: Պարզ է, որ ընթացքի համար $\sum\Delta X$-ը պետք է հավասար լինի ընթացքի ծայրակետերի կոորդինատների տարբերությանը: Նույնը վերաբերում է $\sum\Delta Y$ աճերին: Սակայն սխալների կուտակման շնորհիվ վերոհիշյալ պայմանը չի կատարվի, եւ կառաջանան f_X եւ f_Y անկապքներ՝

$$f_X = \sum\Delta X^{գործնական} - \sum\Delta X^{տեսական}$$
$$f_Y = \sum\Delta Y^{գործնական} - \sum\Delta Y^{տեսական}$$
$$\sum\Delta X^{գ} = \Delta X_{3-7} + \Delta X_{7-8} + \Delta X_{8-6}$$
$$\sum\Delta Y^{գ} = \Delta Y_{3-7} + \Delta Y_{7-8} + \Delta Y_{8-6}$$
$$\sum\Delta X^{տ} = X_6 - X_3$$
$$\sum\Delta Y^{տ} = Y_6 - Y_3$$
$$f_X = \sum\Delta X^{գ} - (X_6 - X_3)$$
$$f_Y = \sum\Delta Y^{գ} - (Y_6 - Y_3)$$

Գծային անկապքը հավասար կլինի՝

$$f_S = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}$$

Եթե ստացված գծային անկապքը թույլատրելի լինի, այսինքն, բավարարի $f_S \le \frac{P}{2000}$ պայմանին, որտեղ $P = d_{3-7} + d_{7-8} + d_{8-6}$, հարկավոր է f_X –ը եւ f_Y-ը բաշխել հակառակ նշանով աճերի վրա համապատասխան գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաներին:

Անկապքները բաշխելուց հետո ուղղված աճերի գումարը պետք է բավարարի հետեւյալ պայմաններին՝

$$\sum\Delta X^{ուղղվ.} = \sum\Delta X^{տես.} = X_6 - X_3$$
$$\sum\Delta Y^{ուղղվ.} = \sum\Delta Y^{տես.} = Y_6 - Y_3$$

7. Աճերը հավասարակշռելուց հետո որոշում են 7 եւ 8 գագաթների կոորդինատները՝

$$X_7 = X_3 + \Delta X^{ու}_{3-7} \qquad Y_7 = Y_3 + \Delta Y^{ու}_{3-7}$$
$$X_8 = X_7 + \Delta X^{ու}_{7-8} \qquad Y_8 = Y_7 + \Delta Y^{ու}_{7-8}$$

Ստուգում $X_6 = X_8 + \Delta X^{ու}_{8-6}$ $Y_6 = Y_8 + \Delta Y^{ու}_{8-6}$

Հաշվարկից ստացված X_6-ը եւ Y_6-ը պետք է ճշտորեն հավասար լինեն պոլիգոնի նախօրոք հայտնի 6-րդ գագաթի կոորդինատներին:

Անհրաժեշտության դեպքում հիմնական պոլիգոնի ներսում անց են կացվում մի քանի անկյունագծային ընթացքներ, որոնք հատվում են հանգուցային կոչվող կետերում: Այդպիսի ընթացքների հավասարակշռումը կատարվում է միատեղ, հատուկ մեթոդներով, որոնք նկարագրվում են գեոդեզիական ձեռնարկներում:

Ինչպես տեսանք, թեոդոլիտային ընթացքների իրագործման ժամանակ առաջացած գծային անկապքները սովորաբար թույլատրվում են մինչեւ P-ի 1:2000 մասը: Սակայն դժվար պայմաններում այդ սահմանները իջեցվում են մինչեւ 1:1000-ի:

Ընթացքից պահանջվող ճշտությունը կախված է դրա երկարությունից եւ հանույթի մասշտաբից: Այդ կապակցությամբ ընթացքների երկարությունները սահմանափակվում են այնպես, որ առաջացող անկապքները չգերազանցեն որոշակի մեծությունները: Այսպես, օրինակ, շինարարական նորմերով ընթացքների թույլատրվող երկարությունները բերված են 4.3 աղյուսակում:

Գծագրի (նկ.4.10) վրա ցույց տրված թեոդոլիտային ընթացքի դաշտային չափումների արդյունքները (անկյունների մեծությունները եւ գծերի երկարությունները) գրանցված են մատյանի մեջ (աղ.4.5, աղ.4.6): Հիմնական բազմանկյան եւ անկյունագծային ընթացքի գագաթների կոորդինատների հաշվարկման ամփոփագիրը բերված է 4.9 եւ 4.10 աղյուսակներում: Բոլոր հաշվարկները արված են այնպես, ինչպես նկարագրված է 4.5.6-4.5.11 դրվագներում:

Հիմնական բազմանկյան գագաթների կոորդինատների հաշվարկման ամփոփագիր

Աղյուսակ 4.8ա

գագաթների համարները	անկյուն				դիրեկցիոն անկյուն		ռումբ			գծի հորիզոնական պրոյեկցիան
	չափված		ուղղված							
	0	1	0	1	0	1	անունը	0	1	
1	2		3		4		5			6
I	124	-0,5 26	124	25,5						
					37	00	NO	37	00	123,20
II	118	-0,5 26	117	59,5						
					99	00,5	SO	80	59,5	116,21
III	197	-0,4 29	197	28,6						
					81	31,9	NO	81	31,9	137,49
IV	94	-0,4 28	94	27,6						
					167	04,3	SO	12	55,7	164,24

V	94	-0,3 45	94	44,7						
VI	168	-0,4 10	168	0,96	252	19,6	SW	72	19,6	199,47
VII	102	-0,5 45	102	44,5	264	10	SW	84	10	127,37
I	-	-	-	-	341	25,5	NW	18	35	139,72
$\Sigma\beta_q$	900	03	900	00						
$\Sigma\beta_s$	900	00								
f_β		+0,3								
F_β^{pnuj}		04								

$f_\beta^{\text{pnuj}}=3m_\beta\sqrt{n}$ T30 գործիքի համար

$m_\beta = 30''$

$f_\beta^{\text{pnuj}}=3\cdot 0{,}5'\sqrt{7}\approx 4'$

Աղյուսակ 4.8բ

կոորդինատների աճերը, մ								պայմանական կոորդինատներ				կետերի համարները
հաշվարկված				ուղղված								
±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY	±	X	±	Y	
7		8		9		10		11		12		13
+	+9 98,39	+	-4 74,14	+	98,48	+	74,10					I
-	+8 18,18	+	-5 114,78	-	18,11	+	114,73	+	179,00	+	29,00	
+	+10 20,20	+	-4 136,00	+	20,30	+	135,96	+	277,48	+	103,10	II
-	+12 160,08	+	-6 36,72	-	159,96	+	36,66	+	259,37	+	217,83	III
-	+13 60,55	-	-7 190,06	-	60,42	-	190,13	+	279,60	+	353,79	IV
-	+9 12,93	-	-4 126,71	-	12,84	-	126,75	+	119,71	+	390,45	V
+	+10 132,44	-	-5 44,52	+	132,54	-	44,57	+	59,30	+	200,32	VI
+	251,03	+	361,64	+	251,32	+	361,45	+	46,46	+	73,57	VII
-	251,74 f_X	-	361,29 f_Y	-	251,32	-	361,45	+	179,00	+	29,00	I
-	0,71	+	0,35		0,00		0,00					

$f_S=\sqrt{f_X^2+f_Y^2}=\sqrt{0{,}71^2+0{,}35^2}\approx 0{,}80$ մ $\qquad \frac{f_S}{P}=\frac{0{,}80}{1256}<\frac{1}{1000}$

Անկյունագծային ընթացքի գագաթների կոորդինատների հաշվարկման ամփոփագիր

III գագաթից IV գագաթ *Աղյուսակ 4.9ա*

գագաթների համարները	Անկյուն				դիրեկցիոն անկյուն		ռումբ			գծի հորիզոնական պրոյեկցիան, մ
	չափված		ուղղված							
	0	1	0	1	0	1	անունը	0	1	
1	2		3		4		5			6
II										
III	101	+0,6 10	101	10,6	99	00,5	SO	80	59,5	
VIII	166	+0,8 08,5	166	09,3	177	49,9	SO	2	10,1	97,15
VI	107	+0,6 30	107	30,6	191	40,6	SW	11	40,6	105,35
VII					264	10	SW	84	10	
$\Sigma\beta_q$	374	48,5								
$\Sigma\beta_{ш}$	374	50,5								
f_β	-	02'								
f_β	±									

$\Sigma\beta_{ш}=\alpha_ш-\alpha_ц+180°n$ P=202,50

$\Sigma\beta_{ш}=\alpha_{II\text{-}III}-\alpha_{VI\text{-}VII}+3\cdot 180°=99°00{,}5-264°10'+540°=374°50{,}5'$

$f_\beta=\Sigma\beta_q-\Sigma\beta_{ш}=374°48{,}5'-374°50{,}5'=-0°02'$

$f_\beta^{\text{pnuj}}=4m_\beta\sqrt{n}=2'\sqrt{3}\approx\pm 3{,}5'$

Աղյուսակ 4.9բ

կոորդինատների աճերը, մ								պայմանական կոորդինատներ		կետերի համարները
հաշվարկած				ուղղված						
±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY	X	Y	
7		8		9		10		11	12	13
								–	–	II
-	-2 97,04	+	+9 4,53	-	97,06	+	4,62	+259,37	+217,83	III
-	-3 102,98	-	+10 22,23	-	103,01	-	22,13	+162,31	+222,45	VIII
								59,30	200,32	VI
										VII

$\Sigma\Delta X_q$= =-200,02 $\Sigma\Delta Y_q$= =-17,70 - $\Sigma\Delta X$= =-200,07 - $\Sigma\Delta Y$= =17,51

$\Sigma\Delta X_{ա}=X_{VI}-X_{III}$ $\Sigma\Delta Y_{գ}=Y_{VI}-Y_{III}=$

=59,30-259,37= =200,32-217,83=

=-200,07 =-17,51

$f_x=\Sigma\Delta X_{գ}-\Sigma\Delta X_{ա}=$ $f_y=\Sigma\Delta Y_{գ}-\Sigma\Delta Y_{ա}=$

=200,02-(-200,07)= =-17,70-(-17,51)=

=+0,05 =-0,19 մ

$$f_S=\sqrt{f_x^2+f_y^2}=\sqrt{0,05^2+0,19^2}\approx 0,196$$

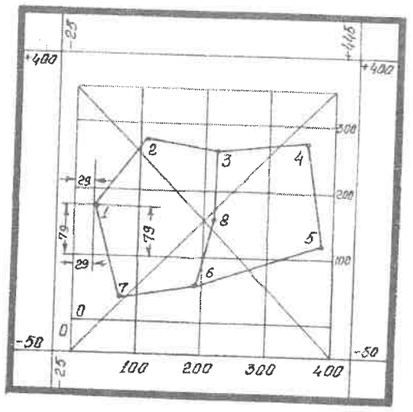
$$\frac{f_S}{P}=\frac{0,196}{202,5}=\frac{1}{1033}<\frac{1}{1000}$$

4.5.12. Տեղամասի եզրագծային հատակագծի կառուցումը

Հատակագծի կառուցման աշխատանքները բաղկացած են կոօրդինատային ցանցի գծագրումից, քեոդոլիտային ընթացքի գագաթների տեղադրումից ըստ իրենց ուղղանկյուն X եւY կոօրդինատների, իրաղրւթյան եզրագծերի գծագրումից հանույթային ցանցի գագաթների եւ կողմերի նկատմամբ եւ հատակագծի ձեւավորումից:

Ոչ մեծ չափեր ունեցող հատակագծերի դեպքում կոօրդինատային ցանցը կարելի է կառուցել չափակարկինի եւ մասշտաբային քանոնի օգնությամբ:

Գծագրական թղթի վրա մետաղական քանոնի օգնությամբ գծում են երկու անկյունագծեր (նկ.4.26): Անկյունագծերի հատման կետից չորս ուղղությամբ տեղադրում են հավասար հատվածներ եւ դրանց ծայրերը միացնում են ուղիղ գծերով: Ստացված ուղղանկյան կողմերի վրա չափակարկինով տեղադրում են 10սմ-նոց հատվածներ: Միացնելով կողմերի վրա գտնվող համապատասխան կետերը, ստանում են քառակուսիների ցանցը: Անկյունագծերը պետք է տարվեն այնպես, որ ցանցի կողմերը լինեն զուգահեռ թղթի եզրերին:



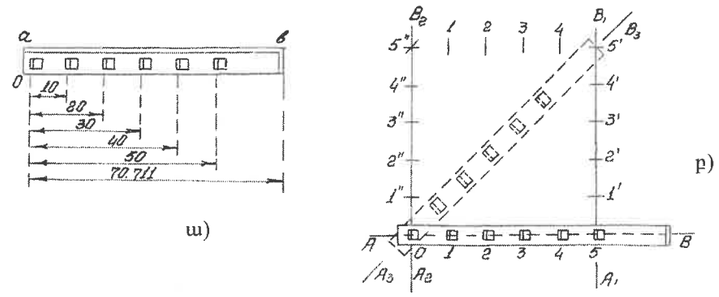
1:1000

Նկ.4.26

Որպես X առանցք վերցնում են ներքեւից դեպի վերեւ ուղղությունը: Գծագրի վրա այդ ուղղությունը համապատասխանում է իրական միջօրեականի ուղղությանը, որն ընդունված է որպես առանցքային միջօրեական: 1-2 գծի դիրեկցիոն անկյունը ընդունվել է տվյալ մասնավոր դեպքում հավասար 1-2 գծի իրական ազիմուտին (նկ.1.10):

Կառուցման ճշտությունը ստուգելու համար չափում են քառակուսիների կողմերի եւ անկյունագծերի երկարությունները: Դրանք չպետք է տարբերվեն միմյանցից 0,2 մմ-ից ավել: Նկարագրված եղանակը կարելի է կիրառել նաեւ մեծ չափեր ունեցող հատակագծերի դեպքում, օգտագործելով ԼԵԼ քանոնը, որին կցվում է նաեւ ձողակարկին:

Գործնականում 50սմx50սմ չափեր ունեցող կոօրդինատային ցանցը հաճախ կառուցում են ԼԴ-1 (Դրոբիշեւի) մետաղաքանոնով: Այդ քանոնը ունի 6 պատուհաններ, որոնց շեղատված եզրերը ներկայացնում են միեւնույն O կենտրոն, եւ 10սմ, 20սմ....50սմ շառավիղներ ունեցող աղեղներ (նկ.4.27): Քանոնի ծայրի աղեղի շառավիղը հավասար է 50սմx50սմ կողմերով քառակուսու անկյունագծին (70,711սմ):



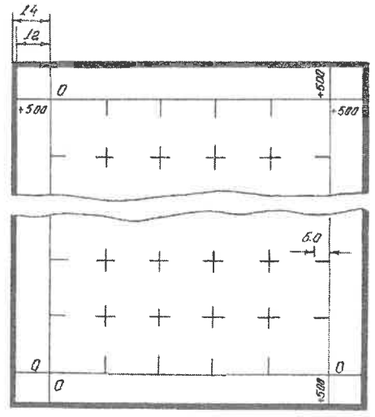
Նկ.4.27

Կոօրդինատային ցանցը կառուցելու համար թղթի ներքեւի մասում կոշտ, լավ սրած մատիտով քանոնի շեղատված ab կողքով տանում են AB ուղիղը՝ Y առանցքը: Այնուհետեւ քանոնը վերադրում են այդ գծի վրա եւ բոլոր պատուհանների շեղատված կողերով տանում են աղեղներ՝ 0, 1, 2,...5՝ հատելով AB գիծը: Դրանից հետո քանոնը տեղակայում են AB գծին մոտավորապես ուղղահայաց եւ սկզբնական (0) պատուհանի կողը համատեղելով AB գծի 5 կետի հետ, գծում են 1′, 2′, 3′, 4′, 5′ աղեղները:

Այնուհետեւ քանոնը տեղակայում են A_3B_3 անկյունագծի ուղղությամբ, համատեղում են սկզբնական պատուհանի գծիկը AB գծի O կետի հետ եւ քանոնի ծայրի աղեղով հատում են 5' աղեղը: Երկու աղեղների հատման կետը գտնվում է AB գծին ուղղահայաց A_1B_1 գծի վրա: Նույն ձեւով կառուցվում է A_2B_2 ուղղահայացը: Տանելով A_1B_1 եւ A_2B_2 ուղղահայացները՝ քանոնը դնում են 5" 5' գծի վրա, քանոնի 0-ն համատեղում են 5" կետի հետ եւ 5-րդ պատուհանի մեջ գծում են աղեղ, որը պետք է համընկնի 5' կետի հետ 0,1 մմ ճշտությամբ: Դրանում համոզվելուց հետո տանում են մնացած 1, 2,.... աղեղները B_2B_1 գծի վրա: Միացնելով համապատասխան աղեղները միմյանց՝ ստանում են քառակուսիների ցանց: Վերջապես, քանոնի կողային շեղատված եզրը համատեղում են 05' անկյունագծի հետ եւ քառակուսիների կողմերի հետ հատման կետերում գծում են գծիկներ: Ստացված սխալների եռանկյունների չափերը պետք է գտնվեն 0,2 մմ սահմաններում:

Կոօրդինատային ցանց կառուցելու համար կարելի է օգտվել նաեւ հատուկ կոօրդինատագրիչից:

Հատակագծի վրա քառակուսիների ցանցի գագաթներում կանաչ տուշով գծվում են 5 մմ երկարությամբ հատվածներ (նկ.4.28):



Նկ.4.28

1:500

10սմx10սմ չափերով քառակուսիների ցանցը օգտագործվում է 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 եւ 1:10000 մասշտաբներով հատակագծեր կազմելու համար: Տեղագրական քարտեզների եւ հատակագծերի շրջանակները գծագրվում են ըստ դրանց անկյունային կետերի ուղղանկյուն կոօրդինատների Հաուսի պրոյեկցիայում:

Տեղային կոօրդինատային համակարգում հատակագծի յուրաքանչյուր պլանշետի շրջանակը 50սմx50սմ քառակուսու եզրագիծն է (նկ.4.28), սակայն հատակագծի չափերը կարող են լինել ավելի փոքր (նկ.4.26): Գծագրի վրա (նկ.4.26) քառակուսիների ցանցը թվանշանված է 1:1000 մասշտաբի հատակագծի համար՝ յուրաքանչյուր 100 մետրից հետո: Հատակագծի վրա տեղադրված կետերի կոօրդինատները բերված են աղյուսակներում (աղ.4.8, 4.9):

Կետը ըստ իր կոօրդինատների հատակագծի վրա տեղադրելու համար, օրինակ, 1 կետը, որի X=+179.00 մ, Y=+29.00 մ, նախ գտնում են այն քառակուսին, որտեղ գտնվում է այդ կետը: Դրանից հետո որոշում են 1 կետի աբսցիսի եւ ցանցի գծի աբսցիսի 179.00մ-100.00=+79.00 մ տարբերությունը, որը եւ տեղադրում են լայնական մասշտաբի օգնությամբ տվյալ քառակուսու մեջ դրա երկու հակառակ կողմերի վրա (նկ.4.26): Նույնը կատարում են օրդինատների՝ Y=29.00 մ, նկատմամբ եւ ստանում են 1 կետի դիրքը երկու ուղղահայաց գծերի հատման տեղում: Ստուգման նպատակով չափում են ստացված կետից եւ ցանցի մյուս կողմերի միջեւ ստացված հատվածների երկարությունները:

Հատակագծի վրա չափում են նաեւ ստացված հարեւան կետերի միջեւ հեռավորությունները եւ արդյունքները համեմատում են աղյուսակներում բերված հորիզոնական պրոյեկցիաների տվյալների հետ: Թույլատրելի տարբերությունները գտնվում են 0,3 մմ սահմաններում:

Հատակագծի վրա հանույթային ցանցի գագաթները եւ կողմերը կառուցելուց հետո դրանց նկատմամբ տեղադրում են, աբրիսում բերված տվյալների համաձայն, իրադրության եզրագծերը: Դա կատարում են, օգտվելով չափակարկինից, մասշտաբային քանոնից, եռանկյուններից, անկյունաչափից եւ կոշտ մատիտից:

Իրադրության կետերը տեղադրելիս հատակագծի վրա չեն գծագրում ուղղահայացների գծերը եւ չեն գրում աբրիսում բերված թվերը՝ գծերի երկարությունները, անկյունների տվյալները եւ այլն: Իրադրությունը պատկերում են պայմանական նշաններով: Մատիտով գծագրված հատակագիծը եզրագծում են տուշով, պահպանելով անհրաժեշտ պահանջները [19]:

Հանույթային ցանցի գծերը տուշով չեն շրջագծում: Պայմանական նշանով գծում են միայն գագաթների կետերը:

Ինչպես տեսանք, կոօրդինատային ցանցի չափերը կախված են հանույթվող տեղամասի չափերից եւ մասշտաբից (նկ.4.26, 4.28):

Ցանցը սահմանափակող գծերին (X եւ Y առանցքներին) զուգահեռ, որոշ հեռավորության վրա կառուցում են շրջանակը, որի դիրքը ընտրում են այնպես, որ տեղամասի հատակագիծը դասավորվի միջին մասում: Շրջանակի ներքին սահմանագիծը կարող է համընկնել քառակուսիների կողմերի հետ (նկ.4.28), կամ շեղված լինի մի քանի սանտիմետրով (նկ.4.26): Շրջանակի բոլոր անկյունների մոտ գրվում են դրանց կոօրդինատները ընդունված ուղղանկյուն կոօրդինատային համակարգի սկզբնակետի նկատմամբ:

4.6 Հանույթային ցանցի զարգացումը մանրաեռանկյունավորման եւ հատումների եղանակներով

Բաց տարածքների վրա հանույթային ցանցերը կարելի է ստեղծել մանրաեռանկյունավորման եղանակով:

Եռանկյունների կողմերը ընտրում են 150 մետրից ոչ պակաս, իսկ անկյունները՝ 20°-ից մինչեւ 160°:

Այդպիսի ցանցերի բազիսները (հիմնագծերը) չափվում են 1/5000 միջին քառակուսային հարաբերական սխալով, իսկ անկյունները՝ m_β=30″ միջին քառակուսային սխալով: Յուրաքանչյուր եռանկյան անկյունային անկապքը թույլատրվում է 90″-ի սահմաններում: Նկարագրվող ցանցերի օրինակները ցույց են տրված նկ.4.6 եւ 4.7-ի վրա:

Եռանկյունների շղթա (նկ.4.6).

Այդ ցանցը կարող է հիմնվել ավելի բարձր ճշտություն ունեցող ցանցերի՝ AB եւ CD, կողմերի վրա:

Մանրաեռանկյունավորման կետերի վերջնական ուղղանկյուն կոօրդինատները ստանում են հավասարակշռումից հետո:

Բանվորական կոօրդինատները կարելի է ստանալ պարզեցված եղանակներով: Դրա համար յուրաքանչյուր եռանկյան մեջ հավասարակշռում են չափված անկյունները, բաշխելով դրանց վրա անկյունային անկապքը f_β-ն, հակառակ նշանով: Դրանից հետո որոշում են առաջին եռանկյան կողմերի երկարությունները՝

$$a_1 = b_1 \mathrm{Sin}\varphi_1 / \mathrm{Sin}\gamma_1, \qquad c_1 = b_1 \mathrm{Sin}\beta_1 / \mathrm{Sin}\gamma_1 \qquad (4.35)$$

Համանմանորեն որոշում են հաջորդ եռանկյունների կողմերի երկարությունները եւ շարքի միջին եռանկյան կողմի՝ a_c'-ի, երկարությունը: Նույն հաշվարկները կատարում են, հիմք ընդունելով b_2 բազիսի երկարությունը, եւ ստանում են նույն մեջտեղում գտնվող եռանկյան կողմի երկրորդ արժեքը՝ a_c": Եթե (a_c'- a_c"):a-ի փոքր է 1:2000-ից, համարում են, որ դաշտային չափումները եւ հաշվարկները կատարված են առանց կոպիտ սխալների:

Ունենալով ելման α_u եւ $\alpha_վ$ AB եւ CD կողմերի դիրեկցիոն անկյունները՝ որոշում են A-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-C կողմերի դիրեկցիոն անկյունները եւ CD կողմի $\alpha_վ$' դիրեկցիոն անկյունը, որից հետո հաշվում են անկապքը՝ $f_\alpha = \alpha_վ' - \alpha_վ$: Դիրեկցիոն անկյունները ուղղում են՝ բաշխելով դրանց միջեւ f_α անկապքը: Դիրեկցիոն անկյուններին համապատասխանող ուղղումը հաշվում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\nu_i = (-f_\alpha : n)_i \quad (i=1,2\ldots n), \qquad (4.36)$$

որտեղ i-ն հաշվարկած դիրեկցիոն անկյան համարն է:

Հաջորդ հաշվարկները կատարվում են այնպես, ինչպես թեոդոլիտային ընթացքների համար:

Նման մոտեցումը կարելի է կիրառել նաեւ գծագրերի վրա ցույց տրված (նկ.4.7) ցանցերի համար: Օրինակ՝ 4.7դ նկարի վրա՝ եռանկյունների շղթան հենվում է երկու ելման կետերի վրա՝ E եւ F, իսկ E1 կողմի երկարությունը որոշվում է E1F եռանկյունուց, որի մեջ հայտնի է EF կողմը եւ չափված են բոլոր անկյունները:

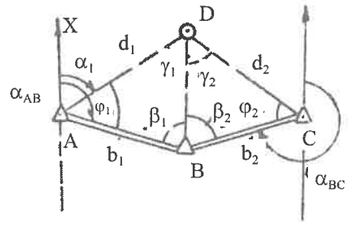
Եռանկյուններից բաղկացած շղթայի երկարությունը սահմանափակվում է աղյուսակում (աղ.4.3ա) բերված թույլտվածքներով:

Հանույթային ցանցի կետերի որոշ մասը կարելի է կառուցել ուղիղ եւ հակադարձ հատումներով:

Ուղիղ հատում

D կետի հատակագծային X_D, Y_D ուղղանկյուն կոօրդինատները (նկ.4.29) կարելի է որոշել՝ չափելով գեոդեզիական ցանցի A եւ B կետերում φ_1 եւ β_1 անկյունները: ADB եռանկյան մեջ $\gamma_1 = 180° - (\varphi_1 + \beta_1)$, AD կողմի երկարությունը՝ $d_1 = (b_1 \mathrm{Sin}\beta_1) : \mathrm{Sin}\gamma_1$, AD կողմի դիրեկցիոն անկյունը՝ $\alpha_1 = \alpha_{AB} - \varphi_1$: b_1 մեծությունը, որոշվում է հակադարձ գեոդեզիական խնդրի բանաձեւով, իսկ D կետի կոօրդինատները որոշվում են հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$X_D' = X_A + d_1 \mathrm{Cos}\alpha_1; \qquad Y_D' = Y_A + d_1 \mathrm{Sin}\alpha_1 \qquad (4.37)$$



Նկ.4.29

Ստուգման համար անհրաժեշտ է կրկնել կոորդինատների որոշումը C կետից՝ չափելով β_2 եւ φ_2 անկյունները եւ հաշվարկելով CD կողմի d_2 երկարությունը եւ դրա դիրեկցիոն անկյունը՝ $\alpha_2 = \alpha_{CB} + \varphi_2$:

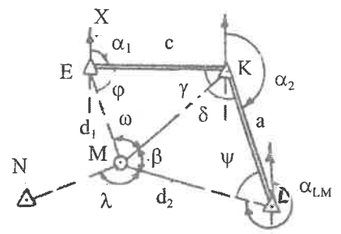
Ստանալով X_D'', Y_D'' մեծությունները՝ որոշում են $f_X = X_D' - X_D''$ եւ $f_Y = Y_D' - Y_D''$ տարբերություն-ները եւ գծային սխալանքը՝ $M_D = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}$: Դրանից հետո հաշվարկում են $M_D:d_1$, $M_D:d_2$ հարաբե-րական սխալանքները եւ, եթե դրանք չեն գերազանցում 1:2000-ը, որոշում են D կետի կոորդինատնե-րի միջին թվաբանականը:

Հակադարձ հատում:

M կետի կոորդինատները (նկ.4.30) կարելի է հաշվարկել՝ չափելով M կետում հորիզոնական ω եւ β անկյունները: Այդպիսի հատումը անվանում են հակադարձ: Դա լուծում չունի այն դեպքերի համար, երբ M կետը գտնվում է E, K, L կետերով անցնող շրջանագծի վրա:

Լուծելով հակադարձ գեոդեզիական խնդիրներ՝ որոշում են C եւ α_1, a եւ α_2, (EK եւ KL կողմերի երկարությունները եւ դիրեկցիոն անկյունները):

Հաշվարկման ընթացքում $tg\theta = (CSin\beta) : (aSin\omega)$ արտահայտությունից որոշվում է օժանդակ θ անկյունը, որից հետո $tg0{,}5(\varphi-\psi) = tg0{,}5(\varphi+\psi)Ctg(45°+\theta)$ մեծությունը, որտեղ $(\varphi+\psi) = 360° - (\omega+\beta) - (\gamma+\delta)$, ըստ որում $\gamma+\delta = \alpha_{KE} - \alpha_{KL} = (\alpha_1+180°) - \alpha_2$:



Նկ.4.30

Ընդունենք, որ $0{,}5(\varphi-\psi) = m$, իսկ $0{,}5(\varphi+\psi) = n$: Լուծելով այդ երկու հավասարումները՝ կունենանք $\varphi = m+n$, $\psi = n-m$: Դրանից հետո կարելի է գտնել՝ $\gamma = 180° - (\omega+\varphi)$, $\delta = 180° - (\beta+\psi)$:

EM կողմի երկարությունը՝ $d_1 = (cSin\omega) : Sin\gamma$, LM կողմի երկարությունը՝ $d_2 = (aSin\beta) : Sin\delta$: Այդ կող-մերի դիրեկցիոն անկյունները՝ $\alpha_{EM} = \alpha_1 + \varphi$, $\alpha_{LM} = \alpha_{LK} - \psi$: Դրանից հետո լուծելով ուղիղ գեոդեզիական խնդիրը՝ կրկնակի որոշում են M կետի X_M եւ Y_M կոորդինատները: Արդյունքների համընկնումը վկա-յում է հաշվարկների անսխալ լինելու մասին: Սակայն ստուգման համար անհրաժեշտ է որոշել M կե-տի կոորդինատները լրացուցիչ N կետի օգնությամբ:

4.7 Հատակագծերի եւ տեղագրական քարտեզների ճշտության բնութագրերը

Հատակագծերի (քարտեզների) ճշտության թվային բնութագիր է ծառայում եզրագծային կետի դիրքի միջին քառակուսային՝ m_t, կամ միջին՝ θ_t սխալը հանույթային ցանցի ամենամոտ կետի նկատ-մամբ ($\theta_t = 0{,}8m_t$) [19]:

Միջին քառակուսային՝ m_t, սխալի Δt սահմանային արժեքը ընդունվում է հավասար $2m_t$-ի՝ $\Delta t = 2m_t$:

Գործնականում տարբեր բնույթ ունեցող եզրագծերի կետերի դիրքի միջին քառակուսային սխալ-ները կարելի է գնահատել աղյուսակում (աղ.4.10) բերված տվյալներով (առաջին սյունակ):

Այդ տվյալներին տեղամասում համապատասխանող արժեքները ստանալու համար անհրաժեշտ է դրանք բազմապատկել հատակագծի թվային մասշտաբի հայտարարով:

Սահմանային սխալները (Δt) չպետք է գերազանցեն աղյուսակում բերված արժեքների կրկնա-կին: Դրանց քանակությունը չպետք է մեծ լինի կատարվող ստուգումների քանակի 10%-ից: Եթե կա-տարվել է 100 կետի ստուգում, ապա 10 կետի համար սխալանքը կարող է հավասար լինել $2m_t$, մնա-ցած ստուգված կետերի համար սխալները պետք է $2m_t$-ից փոքր լինեն: Հանույթային ցանցի կետերի դիրքը խտացման ցանցերի կետերի նկատմամբ որոշվում է սահմանային սխալանքի հետեւյալ թույ-լատրելի մեծություններով.

ա) ազատ տարածքների եւ կառուցապատված տարածքների դեպքում ոչ ավել 0,2մմ·M-ից;

բ) փակ անտառապատված տարածքներում 0,3մմ·M (աղ.4.11):

Խոսելով հատակագծի ճշտության մասին՝ հաճախ օգտվում են նաեւ հետեւյալ գնահատականից: Հատակագծի վրա գտնվող կայուն կառուցվածքների, օրինակ, շենքերի միջեւ եղած հեռավորություն-ները պետք է համապատասխանեն բնության մեջ դրանց հեռավորություններին՝ m=0,2մմ M միջին քառակուսային սխալով գնահատվող ճշտությամբ:

Ի լրացում ճշտության վերաբերյալ բերված տվյալներին կարելի է ավելացնել այն խորհուրդները, որոնք բերված են [17] գրքում եւ վերաբերում են հողաշինարարական աշխատանքներին: Առա-ջարկվում է գեոդեզիական չափումները կատարել հետեւյալ թույլտվածքներով: Քաղաքային եւ գյու-ղային հողատարածքների հանույթի ժամանակ սահմանային կետերի դիրքը մոտակա գեոդեզիական հիմքի կետերի նկատմամբ պետք է որոշվի մի քանի սանտիմետր միջին քառակուսային սխալով, մյուս տարածքների համար՝ մի քանի դեցիմետր սխալով:

Աղյուսակ 4.10

	Տեղագրական օբյեկտի անվանումը	m_t, սմ հատակագծի վրա	m_t սմ տեղամասի վրա			
			1: 500	1:1000	1:2000	1:5000
1	Կապիտալ շինությունների պարիսպների անկյունները, հորերի կենտրոնները, ուրիշ հստակ ճանաչվող առարկաները	0,02-0,03	10-15	20-30	40-60	100-150
2.	Ասֆալտած ճանապարհների հատման կե-տերը, գյուղերի քաղամասերի հատման կե-տերը, առուների եւ ուրիշ հաստատուն օբ-յեկտների եզրագծերը	0,04-0,05	20-25	40-50	80-100	200-250
3.	Վարելահողի սահմանները, գրունտային ճանապարհների, անտառուղիների հատում-ները եւ ուրիշ ժամանակի ընթացքում քիչ փոփոխվող ճանաչման օբյեկտները	0,06-0,10	30-50	60-100	120-200	300-500
4.	Անտառի, արոտատեղերի, գետերի եւ գետակների, ինչպես նաեւ ուրիշ փոփոխվող եւ հստակ չճանաչվող օբյեկտների եզրագծե-րի կետերը	0,11-0,15	55-75	110-150	220-300	550750

4.8 Հորիզոնական հանույթի իրականացումը կադաստրային քարտեզագրման նպատակով

Վերջին տարիներին Հայաստանում մեծածավալ աշխատանքներ են սկսվել հողային տարածքների ճշգրիտ հաշվառման նպատակներով: Այդ խնդրի լուծման անհրաժեշտությունը թելադրվում է հանրապետությունում նոր շուկայական հարաբերությունների արագ զարգացումով: Անհրաժեշտություն է առաջացել տվյալներ ստանալ սեփականատերերին պատկանող հողակտորների մակերեսների եւ անշարժ գույքի մասին:

Այդ նպատակով լայնածավալ աշխատանքներ են սկսվել թե՛ քաղաքներում, եւ թե՛ գյուղական վայրերում:

Կատարվում են կառուցապատված տարածքների հորիզոնական հանույթները 1:500 եւ 1:2000 մասշտաբով:

Նշված հանույթների արդյունավետությունը, արտադրողականությունը եւ ճշտությունը բարձրացնելու նպատակով բնականաբար նպատակահարմար է կիրառել գեոդեզիական ժամանակակից տեխնոլոգիաներ թե՛ երկրի մակերեւույթից, եւ թե՛ թռչող սարքերից հանույթ կատարելու համար:

Այժմ հաջողությամբ օգտագործվում են հորիզոնական հանույթ կատարելու համար նոր սերնդի էլեկտրոնային տախեոմետրերը կամ, ինչպես անվանում են դրանք արտասահմանում՝ տոտալ (ամբողջական) կայաններ: Այդ գործիքների ներդրումն արտադրության մեջ պահանջում է ձեռնարկել լրացուցիչ աշխատանքներ ավանդական եղանակով հորիզոնական հանույթի մեթոդները զարգացնելու ուղղությամբ: Լրացումները անհրաժեշտ են թե՛ գեոդեզիական հենման ցանցեր ստեղծելիս, եւ թե՛ անմիջապես հանույթ կատարելիս:

Ասվածը բխում է էլեկտրոնային տախեոմետրերի (էտ) լայն հնարավորություններից: Էտ) տիպի գործիքներն այսօր արտադրվում են մի շարք երկրներում: Հուսալի են համարվում Շվեյցարիայում Leica ֆիրմայում արտադրվող TC տիպի եւ Շվեդիայում արտադրվող Գեոդիմետր տիպի գործիքները:

Էլեկտրոնային տախեոմետրերը ներկայացնում է մի պատյանի մեջ համակցված երեք գործիք. էլեկտրոնային թեոդոլիտ, լազերային կոմպակտ ճշգրիտ հեռաչափ եւ փոքր հաշվիչ մեքենա [28]:

Ժամանակակից տախեոմետրերը կարելի է բաժանել երեք տեսակի: Առաջին տեսակի գործիքները, օրինակ՝ TC605-ը, բնութագրվում են հետեւյալ պարամետրերով. անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը՝ $m_\beta = \pm 5''$, գծերի չափման միջին քառակուսային սխալը՝ $m_D = 3$մմ $+ 3\cdot10^{-6}$ Dմմ, որտեղ D-ն՝ չափվող գծի երկարությունը, կարող է լինել մինչեւ 2 կմ:

TC805-ի համար՝ $m_\beta = \pm 2''$, $m_D = 2$մմ $+ 2\cdot10^{-6}$ Dմմ, եւ TC1100-ի համար՝ $m_\beta = \pm1''$ եւ $m_D = 1$մմ $+ 1\cdot10^{-6}$ Dմմ (D_{max}=3,5 կմ):

Ժամանակակից միկրոէլեկտրոնիկայի նվաճումները թույլ են տվել ստեղծել մեծ հնարավորություններ ունեցող գեոդեզիական գործիքներ, որոնք իրենց չափերով եւ զանգվածով շատ չեն գերազանցում ավանդական օպտիկամեխանիկական գործիքները:

Սակայն, ցավոք, այդ գործիքները մի քանի տասնյակ անգամ ավելի թանկ են ավանդական գործիքներից: Այդ պատճառով դրանց կիրառությունը ձեռնտու է մասսայական հանույթային աշխատանքների ժամանակ: Մյուս դեպքերում կարելի է ասել, որ օպտիկական թեոդոլիտները եւ տախեոմետրերը, որոնք նկարագրվել են գրքի 3-րդ եւ 6-րդ գլուխներում, դեռ երկար տարիներ կօգտագործվեն արտադրությունում:

Նշված էլեկտրոնային տախեոմետրերի առավելություններից մեկը կայանում է նրանում, որ, փաստորեն, տասնյակ մետրերից մինչեւ 1 կմ եւ ավել հեռավորությունները չափվում են 10 մմ-ից ոչ ավել բացարձակ սխալով, իսկ հարաբերական սխալները գնահատվում են 1:10000 1:100000 եւ պակաս կոտորակներով, ըստ որում արդյունքը արտահայտվում է միլիմետրերով առանց որեւէ լրացուցիչ հաշվարկների: Որպես անդրադարձիչներ օգտագործվում են մետաղական թեթեւ ձողի վրա ամրացվող ապակե պրիզմաներ: Գծի չափումը տեւում է մի քանի վայրկյան:

Երկրորդ, ոչ պակաս կարեւոր նշանակություն ունեցող յուրահատկությունը կայանում է հետեւյալում: Գործիքի հաշվիչ սարքը թույլ է տալիս լուծել գեոդեզիական խնդիրներ նախօրոք հանձնարարված ծրագրերի համաձայն: Օրինակ՝ հնարավորություն է ստեղծված անմիջապես որոշել ցանկացած

կետի ուղղանկյուն կոօրդինատները առանց միջանկյալ գրանցումների (հորիզոնական, ուղղածիգ անկյունների եւ գծերի երկարությունների):

Անհրաժեշտության դեպքում նշված մեծությունները կարող են արտագրվել գործիքի էկրանից;

TC605 տիպի գործիքները կարող են օգտագործվել ինչպես հանույթային ցանցեր ստեղծելու, այնպես էլ հանույթներ կատարելու համար: Նույն նպատակով կարելի է օգտագործել նաեւ TC805 եւ TC1100 գործիքները, սակայն դրանք կրկնակի անգամ թանկ են եւ ձեռնտու է դրանց օգտագործել խտացման եւ պետական գեոդեզիական ցանցեր կառուցելիս:

Կարելի է ասել, որ նախորդ դրվագում (4,4) նկարագրված թեոդոլիտային հորիզոնական հանույթն իրականացվում է ավանդական եղանակով:

Դա նշանակում է, որ հանույթային ցանցերը՝ մեծ մասամբ թեոդոլիտային ընթացքները, ստեղծվում են T30 կամ T15 տիպի թեոդոլիտներով, որոնք ապահովում են հորիզոնական անկյունների չափումը մեկ նվագով՝ 30″ կամ 15″ միջին քառակուսային սխալով:

Գծային չափումներն իրականացվում են ժապավենով, կամ օպտիկական հեռաչափով, լավագույն դեպքում՝ 1:2000 հարաբերական սխալով: Նույն ճշտությունը պահանջվում է ապահովել սահմանային գծային f_s անկապքները որոշելիս: Միեւնույն ժամանակ թեոդոլիտային ընթացքների երկարությունները ելման կետերի միջեւ եւ անկյունների թիվը սահմանափակվում են որոշակի թույլտվածքներով (աղ.4.3):

Ենթադրվում է, որ անկապքը հիմնականում առաջանում է հանույթային ցանցի գծերը չափելու ժամանակ, անկյունային չափումների սխալները, փաստորեն, անտեսվում են: Այդպիսի մոտեցումը էլեկտրոնային տախեոմետրերի կիրառման դեպքում ընդունելի չէ, որովհետեւ այս դեպքում գծային չափումներից առաջացած սխալները բազմաթիվ անգամ փոքր են անկյունային չափումների սխալների ազդեցությունից:

Մանրամասների հանույթի ժամանակ նույնպես կիրառվում են ժապավեններ, չափերիզներ կամ օպտիկական հեռաչափեր, իսկ բեւեռային եղանակը կիրառելիս օգտվում են նաեւ թելային հեռաչափով:

Այդ հեռաչափի ճշտությունը գնահատվում է 1:300 հարաբերական սխալով, եւ դա սահմանափակում է հանույթվող կետերի հեռավորությունը ցանցի գագաթներից՝ կայաններից (աղ.4.4):

Էլեկտրոնային տախեոմետրերը հնարավորություն են տալիս չափել գծերի երկարությունները 10 մմ-ից պակաս միջին քառակուսային սխալով մինչեւ 1 կմ հեռավորության վրա: Այդ հանգամանքը թույլ է տալիս հիմնականում կիրառել բեւեռային եղանակը, ընտրելով պիկետները գործնականորեն կայանից ցանկացած հեռավորության վրա: Կայանների տեղը ընտրելիս ղեկավարվում են ոչ թե դրանց միջեւ թույլատրելի հեռավորություններով (20-350 մ՝ ավանդական եղանակով ցանցեր ստեղծելու դեպքում), այլ միայն դրանց դիրքի նպատակահարմարությունից կայանի շուրջը գտնվող եզրագծերը հանույթելու տեսակետից:

Թաղամասի ներսում կատարվող հանույթը իրականացնելիս բացի բեւեռային եղանակից կիրառում են նաեւ հանույթի մյուս եղանակները՝ չափագրման, գծահամատեղման եւ այլն:

Բոլոր դեպքերում խնամքով կազմում են ուրվանկարները (աբրիսները): Դրանք ծառայում են ստուգման համար, երբ հանույթի ընթացքում գործիքի հիշողության մեջ կուտակված հանույթվող կետերի ուղղանկյուն կոօրդինատների տվյալներով իրականացվում է կոմպյուտերային հատակագծի կառուցումը:

Ուրվանկարն օգնում է հայտնաբերել բաց թողած պիկետները եւ ճշտում մտցնել հատակագծի վրա:

Ինչպես տեսնում ենք, գեոդեզիստը ազատվում է աշխատատար պրոցեսից՝ հատակագիծ կազմելուց:

Դրա դերը կայանում է գեոդեզիական ցանցերի ռացիոնալ ստեղծելու եւ հանույթները ճիշտ իրականացնելու մեջ, ինչպես նաեւ մեքենայացված մեթոդով հատակագծերը կառուցելու ժամանակ դրանց ստուգումը իրականացնելու մեջ:

Նկարագրվածից բխում է, որ հանույթային ցանցեր ստեղծելու նպատակով էլեկտրոնային տախեոմետրերը գրագետ օգտագործելու համար ավանդական եղանակների թույլտվածքները (աղ.4.3ա,բ) ընդունելի չեն: Անհրաժեշտ է մշակել տեսականորեն հիմնավորված նոր առաջարկներ:

Այդ ուղղությամբ արվում են որոշակի փորձեր: Աղյուսակում (աղ.4.3գ) բերված են առաջարկներ այն աշխատանքների համար, որոնք կատարվում են $m_\beta = \pm 10''$ եւ m_D= (2-3)սմ ճշտություն ապահովող գործիքների համար [17]:

Հաջորդ դրվագում փորձ է արված հիմնավորել այն թույլտվածքները, որոնցով հարկավոր է դեկավարվել TC605 տիպի գործիքներ օգտագործելիս հանույթային ցանցեր ստեղծելու ժամանակ:

Դրանք կարող են կիրառվել TC805, TC1100 տիպի գործիքներ կիրառելու դեպքում թե՛ հանույթային, եւ թե՛ խտացման ու պետական ցանցեր ստեղծելիս:

Հիմնական առավելությունները թվարկված գործիքների կիրառման դեպքում պայմանավորված են դրանց բարձր ճշտությունով թե՛ գծային , եւ թե՛ անկյունային չափումներ իրականացնելիս: Դրա շնորհիվ հնարավորություն է ստեղծվում ոչ միայն բարձրացնել հանույթի եւ ստացված հատակագծի ճշտությունը, այլ նաեւ ավելի ռացիոնալ ընտրել հանույթային ցանցերի սխեման, ավելացնել բազմանկյունաչափության ընթացքների թույլատրելի երկարությունները, պակասեցնել կայանների թիվը:

Ինչ վերաբերում է մանրամասների հանույթին բեւեռային եղանակով, ապա պիկետների ընտրումը կայանից ցանկացած հեռավորության վրա հնարավորություն է ստեղծում աշխատանքի արտադրողականությունը էապես բարձրացնելու համար՝ յուրաքանչյուր օր հանույթելով 300-ից 400 պիկետներ:

4.9 Էլեկտրոնային տախեոմետրերի կիրառումը հանույթային ցանցեր ստեղծելու նպատակով

Կառուցապատված տարածքների վրա խոշոր մասշտաբներով հանույթներ կատարելու համար որպես հանույթային ցանց ծառայում են թեոդոլիտային (բազմանկյունաչափության) ընթացքներ: Այդ ընթացքները կարող են իրականացվել հետեւյալ տեսքով.

ա) որպես ընթացք, որը ծայրակետերով հենվում է կայուն կետերի վրա (նկ.4.8);

բ) կախված ընթացք, որը մի ծայրով հենվում է պետական կամ խտացման ցանցի կետերի վրա, դրա մյուս ծայրը ազատ է;

գ) փակ ընթացք (պոլիգոն), որի մեկ կամ մի քանի կետերը համատեղված կամ տեղակապված են ելման կետերի հետ (նկ.4.10);

դ) ելման եւ հանգուցային կետերի վրա հենվող ընթացքներ (նկ.4.10):

Ինչպես տեսնում ենք, թեոդոլիտային բազմանկյունաչափության ընթացքները բեկյալներ են, որոնք կազմում են միմյանց հետ որոշակի անկյուններ:

Ընթացքները կարող են լինել ձգված, փակ, կամ ունենան տարբեր աստիճանի կորացում: Դրանք անցկացնելիս կատարվում են գծային եւ անկյունային չափումներ, որոնց անխուսափելի սխալների պատճառով առաջանում են անկյունային եւ գծային անկապքներ: Բնական է, որ ընթացքների թույլատրելի առավելագույն երկարությունները կախված են անկյունների եւ գծերի չափումների ճշտությունից: Ինչքան փոքր լինեն չափման սխալները, այնքան մեծ թվով անկյուններ եւ գծեր կարող է պարունակել ընթացքը տվյալ ելման պայմանների դեպքում: Այդ ելման պայմանները կախված են հանույթի մասշտաբից: Հաջորդ դրվագներում ուսումնասիրելու ենք այն բանաձեւերը, որոնք կապ են ստեղծում ընթացքի անկապքի, գծային եւ անկյունային սխալների եւ ընթացքի պարամետրերի՝ դրա երկարության, անկյունների թվի միջեւ: Սակայն նախապես քննարկենք հետեւյալ հարցը. ինչպիսի՞ ճշտությամբ տվյալ մասշտաբի դեպքում անհրաժեշտ է որոշել հանույթային ցանցի (ընթացքի) գագաթների դիրքը այն պետական կամ խտացման կետերի նկատմամբ, որոնց վրա իր ծայրակետերով հենվում է տվյալ ընթացքը:

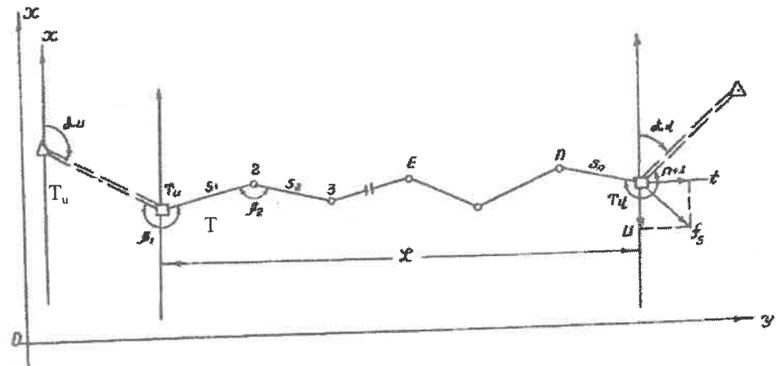
4.9.1 Բազմանկյունաչափության ընթացքի ճշտության գնահատումը

Ենթադրենք, բազմանկյունաչափության ձգված ընթացքը իր ծայրակետերով հենվում է խտացման, կամ պետական ցանցի T_u, $T_կ$ կետերի վրա, որոնց ուղղանկյուն կոորդինատները տվյալ XOY համակարգում հայտնի են եւ համարվում են ճշգրիտ (անսխալ):

Հայտնի են նաեւ ելման α_u եւ $\alpha_կ$ դիրեկցիոն անկյունները: Չափվել են ընթացքի աջակողմյան՝ β_1, β_2... հորիզոնական անկյունները եւ որոշվել են կողմերի S_1, S_2... հորիզոնական պրոյեկցիաները (նկ.4.31): Անհրաժեշտ է հաշվարկել 2,3...գագաթների ուղղանկյուն կոօրդինատները, նախապես ստուգելով անկյունային եւ գծային չափումներից առաջացած անկապքների թույլատրելիությունը:

Այդ խնդրի լուծումը բացատրվել է 4.5.12 դրվագում: Այժմ մենք պետք է պատասխանենք հետեւյալ հարցերին:

1. Ինչպիսի՞ ճշտություն պետք է ապահովել ընթացքի կետերի կոօրդինատները հաշվարկելիս ընթացքի ամենաթույլ տեղում տվյալ մասշտաբի հանույթի դեպքում: Ենթադրվում է, որ բազմանկյունաչափության ընթացքի գագաթները անմիջապես ծառայում են հորիզոնական հանույթ կատարելու համար:
2. Ինչպիսի՞ թույլատրելի գծային անկապք կարող է ունենալ տվյալ ընթացքը տվյալ կողմերի, անկյունների քանակության դեպքում, գծերի միջին երկարության դեպքում, անկյունների եւ գծերի չափման ճշտության դեպքում:
3. Ինչպիսի՞ն կարող է լինել ընթացքի երկարությունը:



Նկ.4.31

Այդ հարցերի պատասխաններն անհրաժեշտ է ստանալ հանույթային ցանցերը նախագծելու եւ իրականացնելու համար յուրաքանչյուր հանույթ սկսելուց առաջ:

1. Ըստ գծագրի (նկ.4.31), եթե անկյունաչափության ընթացքն իր ծայրակետերով հենվում է հայտնի α_u եւ $\alpha_կ$ դիրեկցիոն անկյուններ ունեցող ելման կողմերի եւ հայտնի կոօրդինատներ ունեցող T_u եւ $T_կ$ կետերի վրա, ապա անկյունների եւ կոօրդինատային աճերի հավասարակշռումից հետո ընթացքի ամենաթույլ տեղը՝ գագաթը, կգտնվի դրա մեջտեղում: Այդ գագաթի կոորդինետները՝ X-ը եւ Y-ը, որոշված կլինեն առավել սխալներով, որովհետեւ դա հեռացած կլինի ծայրակետերից (կայուն կետերից) ամենամեծ չափով:

Մեջտեղում գտնվող E կետի դիրքը գնահատելու համար հաշվում են դրա կոօրդինատների արժեքները ընթացքի T_u եւ $T_կ$ ծայրակետերից, որոնք գտնվում են L հեռավորության վրա: Այնուհետեւ որոշում են ստացված արդյունքների միջին թվաբանականը:

Ընթացքի $T_կ$ կետի դիրքի որոշման ճշտությունը T_u կետի նկատմամբ կախված է ընթացքի կողմերի n եւ անկյունների n+1 թվերից եւ, վերջին հաշվով, T_u եւ $T_կ$ կետերը միացնող հատվածի՝ L-ի, երկարությունից:

Եթե ընթացքի ծայրի կետի դիրքի որոշման կշիռը դրա սկզբնակետի նկատմամբ ընդունենք հավասար $P_կ = \frac{1}{L}$, ապա մեջտեղի (E) կետի դիրքի որոշման կշիռը ծայրակետերի նկատմամբ հավասար կլինի՝

$$P'_E = P''_E = \frac{1}{\frac{L}{2}} = \frac{2}{L} = 2P_{T_ц},$$

իսկ միջին թվաբանականի կշիռը հավասար կլինի՝

$$P_E = P'_E + P''_E = 2P'_E = 4P_{T_ц}$$

Փոխարինելով կշիռները միջին քառակուսային սխալներով՝ կունենանք՝

$$\frac{1}{M_E^2} = \frac{4}{M_{T_ц}{}^2}, \qquad M_E = \frac{1}{2}M_{T_ц}$$

որտեղ $M_{T_ц}$- ն ընթացքի վերջին կետի դիրքի միջին քառակուսային սխալն է սկզբնակետի նկատմամբ, իսկ M_E-ո մեջտեղի կետի դիրքի սխալն է հավասարակշռումից հետո:

Այսպիսով, ընթացքի մեջտեղի կետի դիրքի միջին քառակուսային սխալը հավասարակշռումից հետո հավասար է դրա ծայրակետի դիրքի միջին քառակուսային սխալի կեսին:

Եթե սահմանային սխալը՝ $\Delta P_{սահմ.}$-ը, ընդունենք հավասար միջին քառակուսային սխալի կրկնակի մեծությանը՝ $\Delta P_{սահմ.} = 2M$, ապա կարող ենք ասել, որ ընթացքի մեջտեղի կետի դիրքի սահմանային սխալը հավասարակշռումից հետո հավասար է դրա ծայրակետերի դիրքի միջին քառակուսային սխալին:

Հանույթային ցանցեր նախագծելիս ընդունում են, որ ցանցի թույլ տեղում կետի դիրքի սահմանային սխալը՝ $\Delta P_{սահմ.}$-ը, խտացման ցանցերի կետերի նկատմամբ հավասարակշռումից հետո չպետք է գերազանցի 0,2 մմ ·M բաց կառուցապատված տարածքների վրա եւ 0,3 մմ·M՝ անտառապատված, կամ թփերով ծածկված տարածքների վրա (M-ը մասշտաբի հայտարարն է):

Այդ պայմանի համաձայն կետերի դիրքի սահմանային սխալը՝ $\Delta P_{սահմ.}$-ը, եւ կետերի կոորդինատների ΔX եւ ΔY սխալները հավասարակշռումից հետո չպետք է գերազանցեն աղյուսակում (աղ.4.11) բերված մեծությունները [12]:

Հրահանգում [19] բերվում են որոշ չափով մեծացված թույլտվածքներ, սակայն կադաստրային քարտեզագրման ժամանակ, մեր կարծիքով, անհրաժեշտ է ղեկավարվել աղյուսակի տվյալներով:

Աղյուսակ 4.11

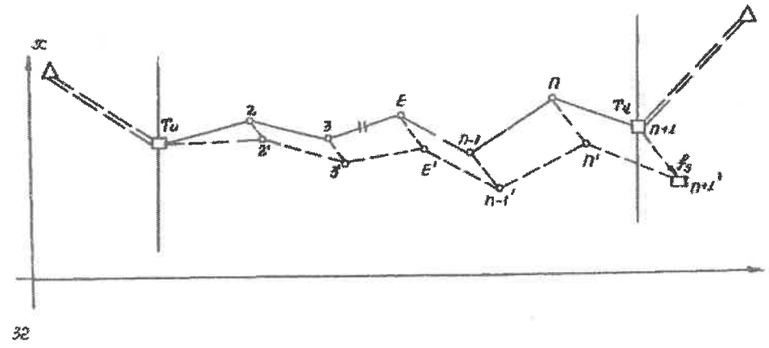
մասշտաբ	կետերի դիրքի սահմանային սխալները հավասարակշռումից հետո, մ		կոորդինատների սխալները, մ	
	բաց եւ կառուցապատված տարածքներ	փակ տարածքներ	բաց եւ կառուցապատված տարածքներ	փակ տարածքներ
1:5000	1,00	1,50	0,71	1,06
1:2000	0,40	0,60	0,27	0,42
1:1000	0,20	0,30	0,14	0,21
1:500	0,10	0,15	0,07	0,10

Բերված թույլտվածքները վերաբերվում են ավանդական եղանակով հանույթային ցանցեր ստեղծելու գործընթացին: Դա նշանակում է, որ ընթացքի գագաթի կոորդինատները որոշելու համար նախապես հավասարակշռվում են չափված հորիզոնական անկյունները եւ հաշվարկված կոորդինատային աճերը:

Նույն եղանակով կարելի է ղեկավարվել էլեկտրոնային տախեոմետրով հանույթային ցանցեր ստեղծելու դեպքում, այսինքն՝ չափել եւ հավասարակշռել հորիզոնական անկյունները, ստանալ պրոյեկցիաները, հաշվարկել եւ հավասարակշռել աճերը, որից հետո որոշել ընթացքի գագաթների կոորդինատները: Այս ճանապարհը կապահովի ամենաճիշտ արդյունքը:

Սակայն աշխատանքը արագացնելու համար կարելի է վարվել այլ կերպ: Եթե էլեկտրոնային TC605 տախեոմետրը տեղակայվել է T_u կետում (նկ.4.31) եւ դրա լիմբը կողմնորոշվել է α_u դիրեկցիոն անկյան տվյալով, ապա SET station ծրագրի համաձայն դիտոցային առանցքը 2 գագաթին ուղղելուց հետո կարելի է ստանալ այդ գագաթի X_2 եւ Y_2 ուղղանկյուն կոորդինատները առանց միջանկյալ հաշվարկների: 2 գագաթից կարելի է ստանալ 3 կետի կոորդինատները եւ այլն: Ընթացքի n-րդ կետում գործիքը տեղակայելուց հետո որոշվում է n+1 կետի ($T_ц$) $X'_{T_ц}, Y'_{T_ц}$ կոորդինատները:

Սխալների կուտակման պատճառով ստացված կոորդինատները հավասար չեն լինի ելման $X_{T_ц}, Y_{T_ц}$ կոորդինատներին (նկ.4.32): Կառաջանան $f_X = X'_{T_ц} - X_{T_ц}$ եւ $f_Y = Y'_{T_ц} - Y_{T_ц}$ անկապքներ, որոնց տվյալներով գծային անկապքը կորոշվի բանաձեւով՝ $f_S = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}$: Եթե ելման $X_{T_ц}, Y_{T_ц}$ կոորդինատների սխալները անտեսվում են, ապա ստացված գծային f_S անկապքը կարելի է ընդունել հավասար $T_ц$ կետի դիրքի միջին քառակուսային սխալին M, որը կախված է անկյունների $m_β$ չափման միջին քառակուսային սխալից, գծերի չափման m_S սխալից, գծերի միջին երկարությունից եւ դրանց քվից:



Նկ.4.32

Հարց է առաջանում՝ կարո՞ղ ենք ղեկավարվել (աղ.4.11) տվյալներով թույլատրելի անկապքի մեծությունը որոշելու համար: Չէ՞ որ, ոչ՛ չափված անկյունները, ոչ՛ էլ հաշվարկված աճերը գործիքի հաշվիչ մեքենան չի հավասարակշռել: Այդ հավասարակշռումը կարվի f_S անկապքը դրա թույլատրելի արժեքի հետ համեմատելուց հետո:

Գծագրի վրա (նկ.4.32) 2, 3,….n, n+1 կետերի դիրքը համարենք անսխալ: 2′, 3′, 4′…n′, n+1′ կետերն ստացվել են չափումների արդյունքում, դրանց կոորդինատները՝ X_2', Y_2', X_3',Y_3'…, պարունակում են սխալներ: Քանի որ նախապես հավասարակշռում չի կատարվել, ամենամեծ սխալները կպարունակեն n+1 կետի կոորդինատները եւ ամենամեծ գծային անկապքը՝ f_S-ը, կունենա այդ կետը: Սակայն, եթե n+1′ կետի X_{n+1}' եւ Y_{n+1}' ստացված կոորդինատները ուղղենք f_x եւ f_y չափով, ապա կստանանք $T_ц$ կետի ճշգրիտ $X_{T_ц}, Y_{T_ц}$ կոորդինատները՝ $X_{T_ц} = X'_{n+1} + f_X$, $Y_{T_ц} = Y'_{n+1} + f_Y$: Ինչպես n+1′ կետի կոորդինատներին, այնպես էլ նախորդ կետերի կոորդինատներին տրվող ուղղումները որոշվում են հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$\delta_{X'_{n+1}} = -\frac{f_X}{[S]}(S_1 + S_2 \ldots + S_n) = -f_X$$

$$\delta_{Y'_{n+1}} = -\frac{f_Y}{[S]}(S_1 + S_2 \ldots + S_n) = -f_Y$$

$$\delta_{X'_n} = -\frac{f_X}{[S]}(S_1 + S_2 \ldots + S_{n-1}) \qquad \delta_{Y'_n} = -\frac{f_Y}{[S]}(S_1 + S_2 \ldots + S_{n-1})$$

$X_n^{ուղղվ.} = X'_n + \delta_{X'n}$, $Y_n^{ուղղվ.} = Y'_n + \delta_{Y'n}$

.....

.....

$$\delta_{X'_2} = -\frac{f_X}{[S]} \cdot S_1 \qquad \delta_{Y'_2} = -\frac{f_Y}{[S]} \cdot S_1$$

$X_2^{ուղղվ.} = X'_2 + \delta_{X'2}$, $Y_2^{ուղղվ.} = Y'_2 + \delta_{Y'2}$

Եթե ընթացքը սկսեինք $T_կ$ կետից եւ ավարտեինք $T_ս$ կետով, ստանալով նույն f_S անկապքը, ապա n′ կետի կոորդինատների ($X_{n'}$, $Y_{n'}$) ուղղումները պետք է հաշվեինք հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$\delta_{X'_n} = X_{n'} + \left(-\frac{f_X}{[S]} \cdot S_n\right) \qquad \delta_{Y'_n} = Y_{n'} + \left(-\frac{f_Y}{[S]} \cdot S_n\right)$$

Տրամաբանական է, որ նկարագրված մոտեցման դեպքում որքան կետերը հեռանում են $T_կ$ կետից, այնքան դրանց կոորդինատների հուսալիությունը պակասում է: Այս տեսակետից մեջտեղի կետի (E կետի, նկ.4.31) կոորդինատների հուսալիությունը կլինի նվազագույնը, որովհետեւ դրանից աջ գտնվող կետերը ավելի մոտ կլինեն $T_կ$ կայուն կետին, իսկ ձախ գտնվող կետերը՝ $T_ս$ կայուն կետին: Ուստի E կետի համար դրա դիրքի որոշման թույլատրելի սահմանային սխալը՝ $\Delta P_{սահմ.}$-ը, կարող ենք գնահատել աղյուսակում բերված մեծություններով, իսկ ընթացքի ծայրակետի սխալը ընդունենք հավասար դրա դիրքի որոշման M միջին քառակուսային սխալին, որը նաեւ հավասար կլինի f_S անկապքի մեծությանը: Դրա թույլատրելի արժեքը գնահատվում է 0,2մմ·M՝ կառուցապատված տարածքների համար եւ 0,3մմ·M՝ ոչ կառուցապատված տարածքների համար (աղ.4.11):

Այսպիսով, 2, 3… կետերի կոորդինատները գործիքով որոշելուց հետո համեմատում ենք ստացված f_S անկապքը դրա թույլատրելի արժեքի հետ, որից հետո կատարում ենք կոորդինատների հավասարակշռումը՝ ցրելով f_X եւ f_Y մեծությունները ընթացքի կետերի կոորդինատների միջեւ:

Եթե գծային f_S անկապքը ստացվի թույլատրելիից մեծ, ապա դա կարող է տեղի ունենալ երկու պատճառով:

Եթե դաշտային չափումների ժամանակ անկյունները եւ գծերը չափվել են նախօրոք ծրագրված $m_β$ եւ m_S միջին քառակուսային սխալներով եւ վրիպումներ չեն եղել, ապա f_S անկապքի գերազանցումը թույլատրելի արժեքից (աղ.4.11) կարող է տեղի ունենալ հանույթային ցանցի ոչ ճիշտ նախագծումից:

Ցանցի նախագիծը կազմելիս, անհրաժեշտ է նախահաշվել քարտեզի վրա նախատեսվող յուրաքանչյուր անկյունաչափության ընթացքի ճշտությունը: Դրա համար քարտեզից արտագրում են յուրաքանչյուր ընթացքի համար դրա երկարությունը՝ $S_1+S_2+..+S_n=[S]$-ը, $T_ս$ եւ $T_կ$ կետերը միացնող հատվածի (միակցողի) L երկարությունը, կողմերի քիվը՝ n-ը, անկյունների քիվը՝ n+1-ը, ընթացքի ամենաերկար S_{max}, ամենակարճ S_{min} եւ միջին երկարության $S_ս$ գծերի մեծությունները: Որոշում են նաեւ ընթացքի կորացվածության աստիճանը, որը կարող է գնահատվել $\frac{[S]}{L}$ հարաբերությունով: Դա կախված է ընթացքի ձեւից: Ինչքան կորացված լինի ընթացքը, այնքան մեծ կլինի $\frac{[S]}{L}$ կոտորակը: Չգված

ընթացքի համար $\frac{[S]}{L}$=1, փակ ընթացքի համար $\frac{[S]}{L}$=∞ (L=0): Հետեւաբար, որոշ չափով $\frac{[S]}{L}$ կոտորակը կարող է բնորոշի ընթացքի կորացվածության աստիճանը:

Ընթացքը համարվում է բավականաչափ ճգված, եթե $\frac{[S]}{L} \le 1{,}3$:

Որպեսզի կապ հաստատենք ընթացքի վերնշված պարամետրերի եւ գծային f_S անկապքի միջեւ, ծանոթանանք անկյունաչափության ընթացքի երկայնական եւ լայնական սխալների հետ:

4.9.2 Բազմանկյունաչափության ընթացքի երկայնական եւ լայնական սխալները

Ցանկացած ձեւ ունեցող անկյունաչափության ընթացքի կետերի կոորդինատների աճերի անկապքները՝ f_X-ը, f_Y-ը, եւ գծային անկապքը՝ f_S-ը, որոշվում են հայտնի բանաձեւերով՝

$$f_X = \sum_1^n \Delta x - \left(x_կ - x_ս\right),\ f_y = \sum_1^n \Delta y - \left(y_կ - y_ս\right),\quad f_S = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}:$$

Չգված անկյունաչափության ընթացքում f_S անկապքի համար կարելի է ստանալ նաեւ ուրիշ արտահայտություն:

Վերածենք պարագծի f_S անկապքը երկու բաղադրիչների՝ նշանակելով դրանք t եւ U: t բաղադրիչն ուղղված է ընթացքի սկզբի եւ վերջին կետերը միացնող L հատվածի ուղղությամբ, U-ն՝ դրան ուղղահայաց:

t-ն անվանում են երկայնական անկապք, դա գծային չափումների սխալների արդյունք է:

U-ն անվանում են լայնական անկապք, որը առաջանում է անկյունային սխալների կուտակման շնորհիվ (նկ.4.31), հետեւապես՝ $f_S = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = \sqrt{t^2 + U^2}$:

Չգված ընթացքի առավելությունը կայանում է հենց նրանում, ու f_S անկապքը կարելի է վերածել երկայնական եւ լայնական բաղադրիչների:

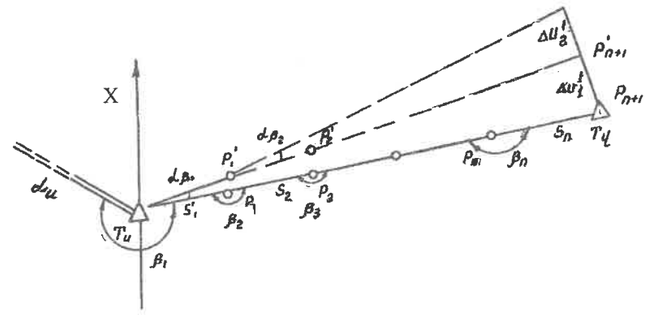
Գծային dS սխալների գումարային արժեքը՝ $dL = \sum_1^n dS = t$, կազմում է երկայնական անկապքը:

Դրա միջին քառակուսային սխալը հավասար է՝

$$m_t^2 = [m_S^2] \text{ եւ } m_t = \sqrt{[m_S^2]}, \qquad (4.38)$$

որտեղ m_S-ը գծի չափման միջին քառակուսային սխալն է:

Անկյունային անկապքը առաջանում է հետեւյալ պատճառով: Ենթադրենք, առաջին անկյան մեջ թույլ է տրվել $dβ_1$ սխալը, ապա, եթե մնացած անկյունները եղել են անսխալ, ընթացքի վերջին P_{n+1} կետը կտեղափոխվի ընթացքին ուղղահայաց ուղղությամբ $\Delta U'_1$ չափով: Երկրորդ անկյան չափման $dβ_2$ սխալը կտեղափոխի P_{n+1} կետը $\Delta U'_2$ չափով եւ այլն (նկ.4.33):



Նկ.4.33

Եթե գումարենք բոլոր տեղաշարժերը եւ պարզության համար ընդունենք $S_1=S_2=\ldots=S_n=S$, ապա դիտարկվող դեպքում, երբ չափված անկյունները հավասարակշռված չեն, կարող ենք ստանալ՝

$$U' = S\cdot n\frac{d\beta_1}{\rho} + S\cdot(n-1)\frac{d\beta_2}{\rho} + \ldots + S\frac{d\beta_n}{\rho}$$

Անցնելով միջին քառակուսային սխալների՝ կունենանք՝

$$m_{U'}^2 = S^2\left\{n^2 + (n-1)^2 + \ldots + 1^2\right\}\cdot\frac{m_\beta^2}{\rho^2}$$

եւ որոշ ձեւափոխություններից հետո՝

$$m_{U'} = L\sqrt{\frac{n+1,5}{3}}\cdot\frac{m_\beta}{\rho} \qquad (4.39)$$

Այս բանաձեւից բխում է, որ լայնական միջին քառակուսային անկապը կախված է ընթացքի L երկարությունից, կողմերի թվից եւ անկյունների չափման ճշտությունից:

4.9.3 Բազմանկյունաչափության ընթացքի վերջին կետի դիրքի միջին քառակուսային սխալը

Ենթադրենք, ընթացքը ձգված է, եւ չափված անկյունները նախապես հավասարակշռված չեն: Քանի որ նախորդ դրվագում որոշվել են m_t' եւ m_u' բաղադրիչները, ապա կարելի է որոշել M′ վեկտորի մեծությունը՝

$M'^2 = m_{t'}^2 + m_{u'}^2$, կամ

$$M'^2 = \left[m_s^2\right] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}L^2\frac{n+1,5}{3} \qquad (4.40)$$

Այս բանաձեւը կարելի է կիրառել TC 605 տիպի ԷՏ գործիքներով հանույթային ցանցեր ստեղծելիս, երբ այդ ցանցերի կորացումը մեծ չէ:

Օրինակ 1: Ենթադրենք, տեղագրական քարտեզի վրա նախագծել ենք ձգված ընթացք 1:500 մասշտաբով (նկ. 4.31) հանույթի համար երկու ելման T_u, $T_վ$ կետերի եւ ելման α_u, $\alpha_վ$ դիրեկցիոն անկյունների միջեւ, որոնք համարվում են կայուն (անսխալ): Ընթացքի երկարությունը՝ L=2 կմ, գծերի միջին երկարությունը՝ S=200մ եւ կողմերի թիվը՝ n=10: Հաշվարկենք ընթացքի մի ծայրակետի դիրքի միջին քառակուսային M′ սխալը մյուսի նկատմամբ, եթե ընթացքն իրականացվելու է TC605 տիպի գործիքով (M-ի վրա գծիկը նշում են, երբ անկյունները հավասարակշռված չեն): Գծերի չափման սխալը որոշվում է m_s=3մմ+3մմ. 10^{-6}D միջին քառակուսային սխալով: Մինչեւ 500մ երկարություն ունեցող գծերի համար m_s-ը հավասար կլինի 3մմ+1,5 մմ=4,5 մմ, սակայն հաշվի առնելով գործիքի եւ անդրադարձիչի կենտրոնադրման սխալները, որոշ պաշարով ընդունենք m_s=10մմ: Քանի որ գծերը չափվելու են լուսահեռաչափով, կարելի է համարել, որ (4.40) բանաձեւի մեջ $\left[m_s^2\right] = n\cdot m_s^2$, ուստի՝

$$M'^2 = n\cdot m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}L^2\frac{n+1,5}{3} \qquad (4.41)$$

m_β-ն TC605 գործիքի համար ± 5″ է, ուստի, քանի որ m_S=0,01մ, ρ=206265″

$$M'^2 = 10\cdot 0,01^2 + \frac{5^2}{206205^2}\cdot 2000^2\cdot\frac{10+1,5}{3} = 0,001 + 0,009 = 0,01$$

եւ M′=0,1 մ:

Ստացված M′-ի մեծությունը՝ 0,1 մ, չի գերազանցում աղյուսակում (աղ. 4.11) բերված թույլտվածքը՝ ΔP=0,2 մմ·M=10 սմ կառուցապատված տարածքների համար, ուստի նախագծված ցանցը բավարարում է հրահանգով նախատեսված պայմաններին եւ դրա ճիշտ իրականացման դեպքում $f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ բանաձեւով հաշվարկված անկապը չպետք է գերազանցի 0,1 մետրը (4.9.2):

Ինչ վերաբերում է սահմանային հարաբերական անկապին, ապա ընդունելով $f_s^{\text{սահմ}} = 2f_s$, կունենանք՝

$$\frac{f_s^{\text{սահմ}}}{[S]} = \frac{2\cdot 0,1}{2000} = \frac{1}{10000}$$

Դժվար չէ նկատել բերված հաշվարկներից, որ M′-ի մեծությունն առավել կախված է անկյունների չափման m_β=5″ սխալից: Գծային չափումների սխալները, երբ m_S=10մմ, մի քանի անգամ ավելի պակաս ազդեցություն են թողնում անկապի վրա:

Դիտարկենք երկրորդ օրինակը:

Օրինակ 2: Ենթադրենք, նախորդ օրինակում $S_միջ$=100մ եւ n=2000:100=20:

Եթե հաշվարկենք M′-ը, ապա կստանանք՝

$$M'^2 = 20\cdot 0,01^2 + \frac{5^2}{206205^2}\cdot 2000^2\cdot\frac{20+1,5}{3} = 0,002 + 0,0168 = 0,019$$

M′=0,138 մ ≈14սմ: Հարաբերական սահմանային սխալը հավասար կլինի՝ 0,28:

2000=1:7142:

Ինչպես տեսնում ենք, ստացվեց ավելի մեծ հարաբերական սխալ միեւնույն պարագծի դեպքում (2000մ): Անթույլատրելի է ստացվել նաեւ M′-ի արժեքը (0,138>0,10):

Այստեղից կարելի է անել հետեւյալ եզրակացությունը՝ էլեկտրոնային TC605 տախեոմետրով բազմանկյունաչափության ընթացքներ անցկացնելիս, անկապի մեծության թույլատրելի արժեքը չպետք է կապել միայն պարագծի հետ, ինչպես դա արվում է ավանդական եղանակով թեոդոլիտային ընթացքներ անցկացնելիս: Անկապի վրա ավելի մեծ ազդեցություն են թողնում անկյունների չափման սխալները:

Ուստի, եթե ընթացքի կողմի երկարությունը հանույթային պայմաններից ելնելով ընդունել ենք հավասար 100 մ, ապա ընթացքի ամբողջ երկարությունը՝ L –ը, պետք է պակասեցվի, եթե ուզում ենք, որ անկապը՝ M′-ը, չանցնի թույլատրելի 0,1 մետրից 1:500 մասշտաբի դեպքում: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ եթե $S_{միջ}$=100մ, m_β=5″, m_s=0,01 մ եւ ուզում ենք, որ M′-ը լինի 0,1 մետրից պակաս, ապա n-ը պետք է լինի ոչ ավել 15-ից եւ L-ը՝ ոչ ավել 1500 մետրից:

$$M'^2 = 15\cdot 0,0001 + \frac{5^2}{206205^2}\cdot 1500^2\cdot\frac{15+1,5}{3} = 0,0015 + 0,007$$

M=0,092Ù

Աղյուսակում (4.12) բերված են թույլտվածքներ հանույթային ցանցերի վերաբերյալ TC605 տիպի գործիք կիրառելու դեպքում: Նախագծողը, ղեկավարվելով այդ թույլտվածքներով, կարող է այնպես կազմել իր նախագիծը, որ ճիշտ իրականացման դեպքում անկապը գտնվի 0,2 մմ·M կամ 0,3 մմ·M սահմաններում:

Այժմ ենթադրենք, որ անկյունաչափության ընթացքն անց է կացվել T_u եւ $T_վ$ ելման կետերի միջեւ, եւ ելման α_u եւ $\alpha_վ$ դիրեկցիոն անկյուններն օգտագործվել են անկյունային f_β անկապը, չափված անկյունների մեջ բաշխելուց հետո (հավասարակշռելուց հետո), ընթացքի $T_վ$ կետի դիրքի միջին քառակուսային սխալը՝ M-ը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով [12]՝

$$M^2 = \left[m_s^2\right] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}L^2\frac{n+3}{12} \qquad (4.42)$$

կամ, եթե գծերը չափվում են լուսահեռաչափով՝

$$M^2 = n \cdot m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+3}{12} \qquad (4.43)$$

Եթե գծերը չափվում են օպտիկական հեռաչափերով կամ ժապավենով $\frac{m_s}{S}$ հարաբերական սխալով՝

$$M^2 = \left(\frac{m_s}{S}\right)^2 S_{միջ}^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+3}{12} \qquad (4.44)$$

Օրինակ 3: Ընդունենք, ինչպես առաջին օրինակում, ընթացքի երկարությունը՝ L=2000 մ, $S_{միջ}$=200 մ, n=10 m_s=0,01 մ, m_β=5″ եւ հաշվարկենք M-ը (4.43) բանաձեւով՝

$$M^2 = 0{,}01^2 \cdot 10 + \frac{5^2}{206205^2} \cdot 2000^2 \cdot \frac{10+3}{12} = 0{,}001 + 0{,}0025 = 0{,}0035$$

M=0,059 մ= 5,9սմ

Համեմատելով (4.43) եւ (4.41) բանաձեւերը՝ կարող ենք եզրակացնել, որ մյուս հավասար պայմանների դեպքում չափված անկյունների նախապես հավասարակշռումը թուլացնում է անկյունների չափման սխալների ազդեցությունը ծգված ընթացքի լայնական անկապքի վրա երկու անգամ եւ փոքրացնում է ընթացքի վերջին կետի ընդհանուր տեղաշարժումը: Ուստի, եթե հայտնի են α_u եւ $\alpha_ц$ ելման դիրեկցիոն անկյունները եւ դրանց որոշման սխալները կարելի է անտեսել, ապա ТС605 տիպի էլեկտրոնային տախեոմետրերով հանույթային ցանցեր ստեղծելիս ձեռնատու է չափել ընթացքի կողմերով կազմված անկյունները եւ հավասարակշռել դրանք, այսինքն, հաշվարկները կատարել ավանդական եղանակով: Այդպիսի մոտեցումը թույլ է տալիս մոտ 1,5 անգամ ավելացնել ընթացքի երկարությունը միեւնույն թույլատրելի սխալի դեպքում (0,2 մմ·M): Ընդունենք ընթացքի երկարությունը՝ L=3000մ, իսկ n=3000:200=15, համարում ենք, որ $S_{միջ}$ մնացել է 200մ, m_β=5″, m_s=0,01 մ:

Այդ դեպքում, համաձայն (4.43) բանաձեւի կունենանք՝

$$M^2 = 0{,}01^2 \cdot 15 + \frac{5^2}{206205^2} \cdot 3000^2 \cdot \frac{15+3}{12} = 0{,}0015 + 0{,}008 = 0{,}0095$$

M=0,097 մ=9,7 սմ

Ինչպես տեսնում ենք, M մեծությունը ստացվեց թույլատրելի արժեքից փոքր (1:500 մասշտաբի համար): Հետեւաբար, չափված անկյունների հավասարակշռման դեպքում հնարավորություն է ստեղծվում ավելացնել նախագծվող բազմանկյունաչափության ընթացքի երկարությունը եւ անկյունների թիվը 1,5 անգամ:

Ինչպես նշվել էր, (4.43) բանաձեւը կարելի է կիրառել այն դեպքում, երբ α_u եւ $\alpha_ц$ դիրեկցիոն անկյունների որոշման սխալները չնչին են համեմատած ընթացքի անկյունների չափման սխալների՝ m_β-ի, հետ: Երբ ընթացքը իրականացվում է ТС605 տիպի գործիքներով, որոնց համար m_β±5″, ելման դիրեկցիոն անկյունների սխալները կարելի է անտեսել այն դեպքերում, երբ T_u եւ $T_ц$ կետերը պատկանում են պետական 1-ին, 2-րդ, 3-րդ, 4-րդ դասի ցանցերին: Գործնականում հանույթային ցանցերը հենվում են խտացման 1-ին եւ 2-րդ կարգի կետերի վրա, որոնց համար ելման սխալները կարող են համեմատելի լինել ТС605-ով չափված անկյունների սխալների հետ: Այսպիսի դեպքերում (4.41) եւ (4.43) բանաձեւերի մեջ ավելացվում են լրացուցիչ անդամներ ելման հաշվի առնելու համար:

(4.41) բանաձեւը կընդունի հետեւյալ տեսքը՝

$$M'^2 = \left[n \cdot m_s^2\right] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+1{,}5}{3} + \frac{m_{\alpha_u}^2}{\rho^2} [S]^2 + m_{(u\text{-}ц)}^2, \qquad (4.45)$$

որտեղ m_{α_u} – ն α_u դիրեկցիոն անկյան միջին քառակուսային սխալն է, $m_{(u\text{-}ц)}$-ն $T_ц$ վերջին ելման կետի սխալն է T_u սկզբի կետի նկատմամբ:

(4.43) բանաձեւը կընդունի հետեւյալ տեսքը՝

$$M^2 = \left[n \cdot m_s^2\right] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+3}{12} + \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \frac{[S]^2}{2} + m_{(u\text{-}ц)}^2, \qquad (4.46)$$

որտեղ m_α-ն ելման α_u եւ $\alpha_ц$ դիրեկցիոն անկյունների սխալն է, իսկ $m_{(u\text{-}ц)}$-ն T_u եւ $T_ц$ կետերի կոորդինատների սխալն է: m_α^2 անդամի $\frac{1}{2}$ գործակիցը ցույց է տալիս, որ անկյունների հավասարակշռումը թուլացնում է ելման դիրեկցիոն անկյունների սխալների ազդեցությունն անկապքի վրա մոտ $\sqrt{2}$ անգամ:

Երրորդ եւ չորրորդ անդամների առկայությունը (4.41) եւ (4.43) բանաձեւերի մեջ ստիպում է փոքրացնել առաջին եւ երկրորդ անդամների մեծությունները, այսինքն՝ կարճացնել ընթացքի L երկարությունը եւ պակասեցնել կողմերի n թիվը: Այդ պատճառով, եթե հանույթային ընթացքները հենվում են հանգուցային կետերի վրա, դրանց թույլատրելի երկարությունները լինում են ավելի պակաս (աղ. 4.12): Համարվում է, որ այդ կետերի եւ կողմերի ելման սխալներն ավելի մեծ են խտացման, կամ պետական ցանցերի կետերի եւ կողմերի սխալներից:

Մինչեւ այժմ մենք քննարկեցինք ձգված, կամ քիչ կորացված ընթացքներ:

Փակ բազմանկյան համար, որի ներքին անկյունները նախապես հավասարակշռված են, գծային անկապքի համար գոյություն ունի հետեւյալ բանաձեւը [12]՝

$$M^2 \approx \left[m_s^2\right] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n}{40} \qquad (4.47)$$

Այս դեպքում, քանի որ ընթացքն սկսվում եւ ավարտվում է նույն կետում, ելման սխալները M միջին քառակուսային սխալի վրա (f_s անկապքի վրա) ազդեցություն չեն գործում: Դրանց առկայության դեպքում ամբողջ բազմանկյունն այս կամ այն չափով փոխում է իր դիրքը:

Այն դեպքի համար, երբ անկյունները չեն հավասարակշռվում, որը տեղի ունի ТС տիպի գործիքներով պոլիգոնի գագաթների կոորդինատներն անմիջապես որոշելու ժամանակ, դասագրքերում բանաձեւ չի բերվում: Դա կարելի է բացատրել նրանով, որ հաշվիչ սարքերով օժտված տախեոմետրերը նոր են ներդրվում արտադրության մեջ: Ինչպե՞ս վարվել դիտարկվող դեպքում, երբ բազմանկյան ներքին անկյունները հավասարակշռված չեն: Ինչպե՞ս որոշել սպասվող անկապքի մեծությունն ընթացքը նախագծելու ժամանակ:

Եթե համեմատենք (4.41) եւ (4.43) բանաձեւերը, կտեսնենք, որ երկրորդ բանաձեւի երկրորդ անդամի $\frac{1}{12}$ գործակիցը չորս անգամ փոքր է (4.41) բանաձեւի նման գործակցից:

Դա նշանակում է, որ f_s անկապքի մեծությունը պակասում է մոտավորապես երկու անգամ:

Թույլ տալով այդպիսի մոտեցում, որոշ մոտավորությամբ, փակ բազմանկյան համար կստանանք հետեւյալ բանաձեւը՝

$$M^2 = \left[m_s^2\right] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n}{10} \qquad (4.48)$$

այն դեպքի համար, երբ ընթացքի հորիզոնական անկյունները հավասարակշռված չեն:

Եթե գծերը չափվել են ճշգրիտ լուսահեռաչափով հաստատուն m_s=10 մմ սխալով, անկախ գծի երկարությունից (4.48) բանաձեւը կընդունի հետեւյալ տեսքը՝

$$M^2 = m_s^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n}{10} \qquad (4.49)$$

Օրինակ 4:

Բազմանկյան պարագիծը՝ [S] =5000 մ, $S_{միջ}$=200մ, n=25, m_β=5″

Ենթադրենք, չափված անկյունները հավասարակշռված են: Այս դեպքում համաձայն (4.47) բանաձեւի՝

$$M^2 = 0{,}01^2 \cdot 25 + \frac{5^2}{206205^2} \cdot 5000^2 \cdot \frac{25}{40} = 0{,}0025 + 0{,}0092 = 0{,}0117$$

M=0,108 մ ≈ 11 սմ

Ստացված անկապքի արժեքը մոտ է դրա թույլատրելի 0,1 մ մեծությանը (1:500 մասշտաբի համար):

Այժմ ենթադրենք, որ նույն օրինակում չափված անկյունները հավասարակշռված չեն: Կիրառելով (4.49) բանաձեւը կստանանք՝

$$M^2 = 0{,}01^2 \cdot 25 + \frac{5^2}{206205^2} \cdot 5000^2 \cdot \frac{25}{10} = 0{,}0025 + 0{,}037 = 0{,}04$$

M=20սմ

Ինչպես տեսնում ենք, եթե անկյունները հավասարակշռված չեն, անկապքը ստացվում է 2 անգամ թույլատրելիից մեծ: Որպեսզի անկապքը ստացվի թույլատրելի սահմաններում, անհրաժեշտ է նույն m_s=1սմ, եւ m_β=±5″ մեծությունների դեպքում պակասեցնել բազմանկյան կողմերի թիվը եւ պարագծի մեծությունը:

Ընդունենք՝ [S]=3200մ, $S_ա$=200մ, n=16:

$$M^2 = 0{,}01^2 \cdot 16 + \frac{5^2}{206205^2} \cdot 3200^2 \cdot \frac{16}{10} = 0{,}0016 + 0{,}0096 = 0{,}0112$$

M=10,6 սմ

Այսպիսով, անկապքի մեծությունը թույլատրելի սահմաններում ստանալու համար անհրաժեշտ եղավ փոքրացնել պարագծի երկարությունը 5000:3200=1,7 անգամ եւ կողմերի թիվը՝ 25:16=1,6 անգամ:

Աղյուսակներում (4.12, 4.13) բերված են թույլտվածքներ փակ բազմանկյան պարագծի եւ կողմերի թվի վերաբերյալ, երբ անկյունները հավասարակշռված չեն, եւ երբ հավասարակշռված են:

Թեոդոլիտային ընթացքների ցուցանիշները եւ բնութագրերը, երբ չափումներն իրականացվում են TC605 տիպի էլեկտրոնային տախեոմետրերով: Անկյունները չափվում են m_β=±5″ միջին քառակուսային սխալով, իսկ գծերը m_s=±10մմ սխալով:

1. Հորիզոնական անկյունները հավասարակշռված չեն:

Աղյուսակ 4.12

Բնութագրերի անվանումը	համարիչում՝ կառուցապատված տարածքի դեպքում, երբ $\Delta P_{սահմ}$=0,2·Մմմ			
	հայտարարում՝ ոչ կառուցապատված տարածքի դեպքում, երբ $\Delta P_{սահմ}$=0,3·Մմմ			
	M 1:500		M 1:2000	
	ընթացքի գծի միջին երկարությունը, մ			
	100	200	200	300
Ընթացքի սահմանային երկարությունը, կմ ա) երկու ելման կետերի միջեւ	1.6 / 2.0	2.0 / 2.7	5.4 / 7.0	6.0 / 7.8
բ) ելման եւ հանգուցային կետերի միջեւ	1.3 / 1.6	1.6 / 2.1	4.4 / 5.6	4.8 / 6.2
գ) երկու հանգուցային կետերի միջեւ	1.1 / 1.4	1.4 / 2.0	3.8 / 5.0	4.2 / 5.4
դ) պոլիգոնի սահմանային պարագիծը	2.4 / 3.2	3.2 / 4.0	8.0 / 10.0	9.3 / 12.0

Անկյունային անկապքի սահմանային արժեքը՝ $f_\beta^{սահմ} = 2m_\beta\sqrt{n} = \pm 10''\sqrt{n}$: n-ը չափված անկյունների թիվն է:

2. Հորիզոնական անկյունները հավասարակշռված են:

Աղյուսակ 4.13

Բնութագրերի անվանումը	համարիչում՝ կառուցապատված տարածքի դեպքում, երբ $\Delta P_{սահմ}$=0,2·Մմմ			
	հայտարարում՝ ոչ կառուցապատված տարածքի դեպքում, երբ $\Delta P_{սահմ}$=0,3·Մմմ			
	M 1:500		M 1:2000	
	ընթացքի գծի միջին երկարությունը, մ			
	100	200	200	300
Ընթացքի սահմանային երկարությունը, կմ ա) երկու ելման կետերի միջեւ	2.5 / 3.2	3.2 / 4.1	8.5 / 11.0	9.5 / 12.0
բ) ելման եւ հանգուցային կետերի միջեւ	2.1 / 2.6	2.7 / 3.3	6.8 / 8.8	7.6 / 9.6
գ) երկու հանգուցային կետերի միջեւ	1.8 / 2.3	2.3 / 2.8	6.1 / 7.7	6.8 / 8.4
դ) պոլիգոնի սահմանային պարագիծը	3.5 / 5.0	4.5 / 6.2	13.0 / 16.9	14.0 / 19.5

Անկյունային անկապքի սահմանային արժեքը՝ $f_\beta^{սահմ} = 2m_\beta\sqrt{n} = \pm 10''\sqrt{n}$: n-ը չափված անկյունների թիվն է:

Այդ տվյալները կարող են օգտագործվել հանույթային ցանցերն ստեղծելու նպատակով դրանց նախագծման ընթացքում:

Վերջապես, կանգ առնենք եւս մի հարցի վրա, որն առաջանում է, երբ հանույթային ցանցերն ստեղծվում են ճշգրիտ էլեկտրոնային TC տիպի գործիքներով (TC805, TC905, TC1100):

Այն դեպքերում, երբ հանույթային ցանցերն ստեղծելու պրոցեսում գծային եւ անկյունային չափումների սխալները ավելի փոքր են ելման կետերի կոորդինատների եւ ելման դիրեկցիոն անկյունների սխալներից, ելման տվյալների օգտագործումն անիմաստ է դառնում:

Ենթադրենք, գծագրի վրա (նկ. 4.33) ցույց տրված ձգված ընթացքի T_u եւ $T_կ$ ծայրակետերի կոորդինատների սխալներն ավելի մեծ են գործիքով ընթացքի գագաթների կոորդինատների որոշման սխալներից: Այս դեպքում P_{n+1} կետի X'_{n+1}, Y'_{n+1} կոորդինատներով եւ ելման՝ $X_{Tկ}$, $Y_{Tկ}$ տվյալներով հաշված f_s անկապքը՝ $f_s^{ընթացքի} = \sqrt{\left(X'_{n+1} - X_{Tկ}\right)^2 + \left(Y'_{n+1} - Y_{Tկ}\right)^2}$, կարող է թույլատրելի (0,2մմ·M) մեծությունից մեծ ստացվել, չնայած որ անկյուններն ու գծերը չափվել են թույլատրելի (m_β եւ m_s) ճշտությամբ:

Սա այն դեպքն է, երբ անկապքը հավասար չէ (4.41), կամ (4.42) բանաձեւերով ստացված $T_կ$ կետի դիրքի միջին քառակուսային սխալին, որովհետեւ անկապքի մեջ մտել են ելման կետի կոորդինատների անթույլատրելի սխալները:

Ինչպե՞ս վարվել տվյալ դեպքում: Ինչպե՞ս պարզել, թե անկապքի առաջացման մեջ ինչքանով են մեղավոր $T_կ$ կետի սխալ կոորդինատները եւ գործիքով ստացված կոորդինատները:

Որպեսզի ստուգենք գործիքային սխալները, անհրաժեշտ է կրկնել բոլոր չափումները կամ դրանց այն մասը, որոնք կասկած են առաջացնում:

Եթե պարզվեց, որ չափումները կատարվել են բարեխղճորեն, ուստի պետք է ենթադրել, որ այդ չափումների սխալների պատճառով առաջացած անկապքի մասը չպետք է գերազանցի (4.41), կամ (4.42) բանաձեւերով հաշվարկված մեծությունը, ուստի անկապքի ոչ թույլատրելի լինելը պայմանավորված կլինի $T_կ$ ելման կետի անթույլատրելի սխալներով: Դա նշանակում է՝ հնարավոր չէ օգտագործել $T_կ$ կետը հավասարակշռման համար: Ընթացքը պետք է դիտել որպես միայն մեկ՝ T_u կետի վրա հենվող կախված ընթացք:

4.9.4 Կախված ընթացքի թույլատրելի երկարության (ճշտության) հաշվարկումը

Եթե ընթացքը հենվում է խտացման կամ պետական ցանցերի միայն մեկ կետի վրա, ապա դրա ամենաթույլ տեղն այդ կետի նկատմամբ կլինի ընթացքի ծայրը, եւ դրա դիրքի սահմանային սխալը չպետք է գերազանցի աղյուսակում (աղ. 4.11) բերված թույլտվածքները: Դա նշանակում է, որ ծայրակետի դիրքի M′ միջին քառակուսային սխալը, որից սպասվող արժեքը տվյալ դեպքում որոշվում է (4.41) բանաձեւով, չպետք է գերազանցի աղյուսակում բերված թույլտվածքների կեսը:

Օրինակ 5: Ենթադրենք, տեղագրական քարտեզի վրա նախագծված բաց ընթացքը նախատեսվում էր T_u եւ $T_կ$ եվման կետերի միջեւ հետեւյալ պարամետրերով՝ $S_{միջ}$=200մ, [S]≈L=2000մ, n=10, $m_β$=±5″, m_s=10մմ (տես օրինակ 1) 1:500 մասշտաբի համար: Համաձայն այդ տվյալների M′-ը հավասար էր 0,1 մ եւ թույլատրելի էր այն դեպքի համար, երբ $T_կ$ կետի կոորդինատները համարվում էին անսխալ:

Սակայն չափումների արդյունքներից պարզվեց, որ $T_կ$ կետը հնարավոր չէ օգտագործել հավասարակշռման նպատակով: Այս դեպքում ընթացքի L երկարությունը եւ կողմերի թիվը պետք է պակասեցնել այնպես, որ կառուցապատված տարածքների համար բավարարվի հետեւյալ պայմանը՝

$$(0{,}5\cdot 0{,}2\text{մմ}\cdot M)^2 = n\cdot m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}L^2\frac{n+1{,}5}{3} \qquad (4.50)$$

Եթե մասշտաբի հայտարարը M=500, ապա օրինակում ընդգծված $m_β$-ի եւ m_s-ի համար կարող ենք գրել՝

$$(0{,}05)^2 = (0{,}01)^2\cdot n + \frac{5^2}{206265^2}L^2\frac{n+1{,}5}{3}$$

Եթե L-ը ընդունենք հավասար 1100, n=6, ապա կստանանք՝

$(0{,}05)^2\approx(0{,}048)^2$

Ինչպես տեսնում ենք, կախված ընթացքի երկարությունը եւ կողմերի թիվը ստիպված եղանք պակասեցնել համարյա թե 2 անգամ:

Բերված բանաձեւերով կարելի է օգտվել տարբեր տիպի էլեկտրոնային տախեոմետրերով հանույթային ցանցեր ստեղծելիս:

4.10 Հողային կադաստրի գեոդեզիական ապահովումը

4.10.1 Հիմնական տեղեկություններ հողային կադաստրի մասին

Հողային կադաստրը պետական տեղեկատվական համակարգ է, որը տվյալներ է պարունակում հողասեփականության եւ հողօգտագործման մասին:

Հողասեփականություն հասկացությունը վերաբերում է հողի նկատմամբ մարդկանց իրավունքի, սահմանափակումների եւ պատասխանատվության հարցերին:

Կադաստրը կարող է ընդգրկել տվյալներ հողասեփականության տարբեր ձեւերի մասին՝ մասնավոր, հասարակական, վարչակալական եւ այլն:

Հողօգտագործումը հողային պաշարների օգտագործման եւ զարգացման անընդհատ պրոցես է: Հողի արդյունավետ օգտագործումը հնարավոր է միայն հողերի վիճակի եւ օգտագործման մասին ճշգրիտ տեղեկատվության հիման վրա:

Կադաստրի բազային միավոր է համարվում տեղամասը (հատվածամասը): Տեղամասը սահմանափակվում է որոշ մակերեսով, որի վրա կատարվում է հողի օգտագործումը որոշակի ձեւով, կամ որը պատկանում է մեկ, կամ մի քանի հողատերերին:

Տիրությունը կարող է բաղկացած լինի մի քանի տեղամասից: Կադաստրի մեջ յուրաքանչյուր տեղամասի համար տեղեկատվություն է գրանցվում դրա տեղադրության, մակերեսի, արժեքի, անշարժ գույքի (տների, կառույցների, ճանապարհների, կոմունիկացիաների), էկոլոգիական միջավայրի, այն մասին, թե ո՞ւմ է պատկանում տեղամասը եւ ուրիշ՝ բնական, հասարակական եւ իրավաբանական տվյալներ:

Կադաստրում կուտակված տեղեկություններն օգտագործում են պետական քաղաքականությունն իրագործելիս այնպիսի խնդիրներ լուծելու ժամանակ, ինչպիսիք են՝ հողերի վերաբաշխումը, դրանց միավորումը, վաճառքը, հողային շուկայի օժանդակությունը եւ այլն: Կադաստրային տեղեկատվությունը ծառայում է նաեւ հարկային քաղաքականությունն իրականացնելու համար:

Կադաստրը կարող է տարբերվել ըստ իր նպատակների՝ քաղաքային կադաստր, անտառային կադաստր եւ այլն: Առավել բարդ եւ խտացված է քաղաքային կադաստրը: Քաղաքների համար բնորոշ է նյութական ռեսուրսների բարձր խտությունը, բարդ էկոլոգիական եւ սոցիալական միջավայրը, դրա արագ փոփոխումով պայմանավորված խնդիրների բազմազանությունը:

Կադաստրային տեղեկատվությունը կարող է ներկայացվել գրքի ձեւով, քարտարանի կամ ավտոմատացված՝ կոմպյուտերային հիշողության մեջ:

4.10.2 Կադաստրի համար անհրաժեշտ գեոդեզիական աշխատանքների կազմը

Կադաստրի ստեղծման գործում գեոդեզիական աշխատանքներն ունեն մեծ դեր: Դրանց կազմությունը կախված է կադաստրի նպատակից եւ դրա ավտոմատացման աստիճանից: Մեծ մասամբ գեոդեզիական աշխատանքները կատարվում են որոշակի սխեմայով:

1. Նախապատրաստական աշխատանքներ

Այդ աշխատանքների ընթացքում հավաքվում են եւ վերլուծման են ենթարկվում հետեւյալ նյութերը.

1. հողաշինարարության նախագիծը;
2. վարչական օրգանի որոշումը հողային տեղամասի հատկացման մասին;
3. հողային տեղամասի առուծախի, կամ վարձակալության պայմանագիրը;
4. քաղվածք հողային տեղամասի գրանցման մասին;
5. տեղամասի հատակագիծը, կամ դրա սահմանների գծագիրը կամ տեղագրական քարտեզը;
6. պետական կամ տեղական գեոդեզիական ցանցերի սխեման եւ կետերի կոորդինատների ցուցակը;
7. տեղեկություններ հողերի օգտագործման մասին:

2. Գեոդեզիական հենման ցանցերի կետերի դաշտային փեղագննությունը

Դա կատարվում է կետերի առկայությունը պարզելու եւ գեոդեզիական աշխատանքների առավել ձեռնտու տեխնոլոգիա ընտրելու նպատակով:

3. Տեխնիկական նախագծի կազմումը

Գեոդեզիական աշխատանքներն իրականացվում են համաձայն նախապես կազմված տեխնիկական նախագծի, որն ընդգրկում է՝ տեքստային մասը, գրաֆիկական տվյալները եւ ծախսերի նախահաշիվը:

4. Կադաստրային հանույթներ

Կադաստրային հանույթները կախված կադաստրի նպատակից կատարվում են այնպես, ինչպես տեղագրական հանույթները եւ նույն ճշտությամբ: Որպես հիմք հանդիսանում է 1:500 մասշտաբը, մեծ

մասամբ օգտագործում են 1:2000 մասշտաբը, իսկ որպես տեղեկատվական ծառայում են 1:10000 եւ ավելի մանր մասշտաբները:

Կադաստրային քարտեզների եւ հատակագծերի վրա լրացուցիչ արտահայտում են հողատարածքների, կալվածքների, գյուղատնտեսական եւ ուրիշ հողային հանդակների սահմանները, հողային տեղամասերի կադաստրային համարները եւ հողակտորների անունները: Հողերի օգտագործման կատեգորիաների նկարագրումը: Կադաստրային քարտեզները եւ հատակագծերը կարող են չունենալ տեղեկություն ռելիեֆի մասին:

5. Տեղամասերի սահմանների որոշումը

Հողային տեղամասերի սահմանները տեղանքում նշահարում են սահմանային կետերի կոորդինատների տվյալներով՝ գեոդեզիական հիմքի գագաթներից: Դրանք ամրացվում են սահմանագծման կետերով: Եթե սահմանները նշահարված են, ապա որոշում են սահմանային կետերի կոորդինատները:

Նշված սահմանների համաձայնեցումը կատարում են Պետական Կառավարության ներկայացուցչի, տեղամասի եւ հարակից տեղամասերի տերերի ներկայությամբ:

6. Հողային տեղամասերի մակերեսների որոշումը

Մակերեսները հիմնականում հաշվարկում են վերլուծական եղանակով, սահմանագծման կետերի կոորդինատների տվյալներով: Առանձին դեպքերում օգտագործում են քարտեզագրական տվյալները (տես 4.10.3):

7. Հողային տեղամասերի սահմանների գծագրերի կազմումը

Այս գծագրերը կազմվում են հիմնական կադաստրային հատակագծերի մասշտաբով, կամ ավելի խոշոր մասշտաբով տեղանքում ստացված տվյալների օգնությամբ:

8. Կադաստրային աշխատանքների ծրագրավորումը եւ սպրոգումը

Կադաստրային աշխատանքների արդյունքները պարտադիր կերպով պետք է ենթարկվեն դաշտային ստուգումների հանույթների ընթացքում թույլ տրված սխալների հայտնաբերման եւ վերացման նպատակով: Բացի այդ վերահսկում են տեխնիկական առաջադրանքի պահանջների կատարումը տեղագրական գեոդեզիական աշխատանքների համար:

Ստացված տեղեկությունները տեղափոխվում են հատուկ ցուցակի մեջ եւ արտահայտվում են կադաստրային քարտեզների եւ հատակագծերի վրա:

9. Տվյալների բազայի սպեղծումը

Տվյալների բազայի ստեղծումն անհրաժեշտ է մեծ քանակության կադաստրային տեքստային եւ գրաֆիկական տեղեկատվության դասակարգման համար: Դրա առկայությունն անհրաժեշտ է ոչ միայն տեղեկատվության պահպանման համար, այլ նաեւ գործածողների օպերատիվ կերպով սպասարկելու համար:

Բացի նշվածից, գեոդեզիստը մասնակցում է հողերի օգտագործման պլանավորման աշխատանքներին, դրանց արժեքի գնահատման եւ տարբեր վիճելի հարցերի լուծմանը:

4.10.3 Տեղամասերի սահմանների եւ մակերեսների որոշումը

Տեղամասերի սահմանները տեղափոխվում են իրականության մեջ գեոդեզիական հիմնավորման կետերի օգնությամբ: Կախված տեղական պայմաններից եւ պահանջվող ճշտությունից հատակագ-

ծային գեոդեզիական հիմնավորումը կարող է ստեղծվել բազմանկյունաչափության եւ թեոդոլիտային ընթացքների օգնությամբ, ինչպես նաեւ արբանյակային ընդունիչների օգնությամբ:

Սահմանները կարող են նշանակվել ուղիղ եւ հակադարձ անկյունային հատումներով, գծային հատումներով, բեւեռային եւ ուղղանկյուն կոորդինատներով:

Տեղամասերի մակերեսները որոշելու համար, կախված դրանց չափերից, եզրաձեւից, տնտեսական արժեքից եւ պահանջվող ճշտությունից օգտագործում են տարբեր եղանակներ (տես 5-րդ գլուխը):

1. Վերլուծական եղանակ

Մակերեսն այդ եղանակով հաշվարկվում է դաշտային պայմաններում ստացված գծերի եւ անկյունների չափման արդյունքների հիման վրա, կամ պատկերների գագաթների կոորդինատների տվյալներով: Օգտագործում են երկրաչափության եւ եռանկյունաչափության բանաձեւերը:

Համեմատաբար փոքր տարածքները բաժանվում են պարզ երկրաչափական ձեւերի՝ եռանկյունների, ուղղանկյունների եւ հաշվարկում են դրանց գումարը:

Բազմանկյունների գագաթների կոորդինատներով մակերեսները որոշվում են 5.1 դրվագում բերված բանաձեւերով:

Այս եղանակով մակերեսի որոշման ճշտությունը կախված է գծերի եւ անկյունների չափման ճշտությունից եւ կարող է հասնել մակերեսի 0,01-0,02%-ի:

2. Գրաֆիկական եղանակ

Մակերեսը որոշվում է հատակագծի վրա գծերի կամ կոորդինատների չափման տվյալներով վերեում նկարագրված եղանակով: Մակերեսի որոշման ճշտությունը կախված է հատակագծի մասշտաբից եւ գծերի չափման ճշտությունից: Ամենախոշոր մասշտաբի համար (1:500) սխալը կարող է հասնել 0,5-0,8%-ի:

3. Մեխանիկական եղանակ

Մակերեսը որոշվում է հատակագծի վրա (քարտեզի վրա) հատուկ գործիքների՝ մակերեսաչափերի կամ պալետների օգնությամբ, ըստ որում հաշվի են առնում նյութի, որի վրա գծված է քարտեզը կամ հատակագիծը, դեֆորմացիան (ձեւափոխումը):

Ներկա ժամանակ մեխանիկական մակերեսաչափերը փոխարինվում են էլեկտրոնային (թվանշանային գործիքներով): Օրինակ՝ ճապոնական «Տոպկոն» ֆիրման թողարկում է մի քանի մոդելի մակերեսաչափեր, որոնց ճշտությունը գնահատվում է 0,2%-ով:

Որոշ դեպքերում կիրառում են կոմբինացված եղանակ, երբ մակերեսի հաշվարկման համար անհրաժեշտ գծային մեծությունների մի մասը որոշում են հատակագծի վրա, իսկ մյուս մասը ստանում են տեղանքում կատարված չափումներից:

Մակերեսները կարելի է որոշել նաեւ տեղանքի թվանշանային մոդելից հաշվիչ մեքենայի միջոցով:

Կադաստրային լրատվական տվյալների ճշտությունը կախված է գեոդեզիական չափումների ճշտությունից: Քանի որ հողի հետ կապված բոլոր գործողությունները (գնումը ու վաճառքը, սեփականության իրավունքի հաստատումը, նվիրատվությունը եւ այլն) անպայման մասնակցում է հողակտորի մակերեսը, ապա դրա որոշման պահանջվող ճշտությունը հիմք է հանդիսանում գեոդեզիական նշահարումների համար եւ հողակտորների սահմանները որոշելու համար:

Նախագծման աշխատանքների համար կարելի է ընդունել, որ ելակետային տվյալների սխալները պետք է 2 անգամ ավելի փոքր լինեն հաջորդող կառուցումների սխալներից:

Հողային կադաստրի համար կատարվող գեոդեզիական աշխատանքների դեպքում ընդունված է համարել, որ քաղաքներում մինչեւ 1հա մակերեսների դեպքում սահմանային կետերի կոորդինատները պետք է որոշվեն 2 սմ միջին քառակուսային սխալով, մեծ տարածքների դեպքում՝ 5-10 սմ սխալով:

ԳԼՈՒԽ 5

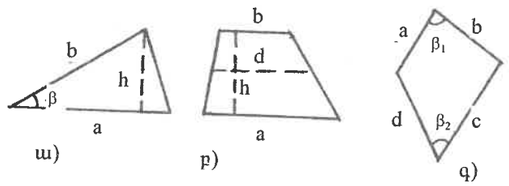
ՄԱԿԵՐԵՍՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Տեղանքի առանձին հողակտորների մակերեսներն անհրաժեշտ է իմանալ տարբեր բնույթի ճարտարագիտական եւ տնտեսական խնդիրներ լուծելու համար: Կախված նրանից, թե ինչպիսի չափեր ունի որոշվող մակերեսը, ինչպիսին է դրա տնտեսական նշանակությունը, գոյություն ունեն թե ոչ տվյալ տեղամասի համար հատակագծեր կամ քարտեզներ, կիրառվում են մակերեսների որոշման հետեւյալ եղանակները՝ անալիտիկ (վերլուծական) եղանակ, գրաֆիկական եղանակ եւ մեխանիկական եղանակ: Մակերեսներն արտահայտում են քառակուսի կիլոմետրերով (կմ^2), հեկտարներով (հա), քառակուսի մետրերով (մ^2), քառակուսի սանտիմետրերով (սմ^2)՝ 1կմ^2=100 հա, 1 հա=10000 մ^2:

5.1 Վերլուծական եղանակ

Այս եղանակով մակերեսները որոշվում են դաշտային պայմաններում գծերի եւ անկյունների չափման տվյալների հիման վրա, իսկ հաշվարկները կատարվում են երկրաչափական, եռանկյունաչափական կամ վերլուծական երկրաչափությունից բխող բանաձեւերով: Օրինակ՝ կառուցապատված տարածքների վրա առանձին հողակտորների մակերեսները որոշելու համար, կամ ոչ մեծ տեղամասեր անջատելու դեպքում դրանք բաժանվում են պարզ երկրաչափական ձեւերի՝ մեծ մասամբ եռանկյունների, չափում են դրանց հիմքերը եւ բարձրությունները, որից հետո հայտնի բանաձեւերով հաշվարկում են մակերեսները: Որոշ հարթ պատկերների մակերեսների հաշվարկման բանաձեւերը հետեւյալն են՝

1. եռանկյան համար (նկ.5. 1ա)՝ $S=0,5\cdot a\cdot h$, կամ $S=0,5\cdot a\cdot b\cdot \sin\beta$
2. սեղանի համար (նկ.5.1բ)՝ $S=0,5\cdot(a+b)\cdot h$, կամ $S=d\cdot h$
3. քառանկյան համար (նկ.5.1գ,)՝ $S=0,5\cdot(a\cdot b\cdot \sin\beta_1+ c\cdot d\cdot \sin\beta_2)$,



ա) բ) գ) **Նկ.5.1**

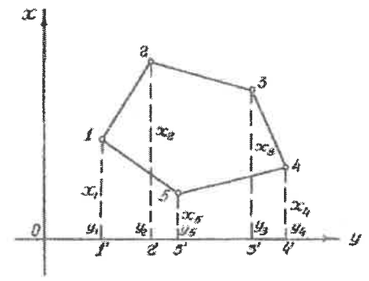
Հաշվարկման ժամանակ կլորացումը սովորաբար կատարվում է մինչեւ հեկտարի հարյուրերորդական մասը:

Վերլուծական եղանակին է վերաբերում բազմանկյան մակերեսի որոշումը՝ դրա գագաթների կոորդինատների տվյալներով: Այդ եղանակով մակերեսները հաշվում են, երբ բազմանկյունների գագաթների քիվը n>4-ից: Դրա համար օգտագործում են տեղամասի սահմաններով անցկացված քեոդոլիտային ընթացքների գագաթների ուղղանկյան կոորդինատները: Եթե հայտնի են 1-2-3-4-5 բազմանկյան գագաթների X եւ Y ուղղանկյուն կոորդինատները (նկ. 5.2), ապա պոլիգոնի կողմերով պարփակված մակերեսը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$S = \frac{1}{2}\left[\sum X_k\left(Y_{k+1} - Y_{k-1}\right)\right], \qquad (5.1)$$

$$S=\frac{1}{2}\left[\sum Y_k\left(X_{k-1} - X_{k+1}\right)\right], \qquad (5.2)$$

որտեղ k-ի փոխարեն հաջորդաբար տեղադրվում են փակ բազմանկյան գագաթների համարները (քննարկվող օրինակի համար 1-ից 5-ը), իսկ k+1 եւ k–1 փոխարեն՝ հաջորդ եւ նախորդ k համարի



Նկ.5.2

նկատմամբ գագաթների համարները: Վերոհիշյալ բանաձեւերը դուրս են բերվում 122′1′, 233′2′, 344′3′ սեղանների մակերեսների գումարից հանելով 44′5′5, 55′1′1՝ սեղանների մակերեսների գումարը:

Վերլուծական եղանակն ամենաճշգրիտ եղանակն է, որովհետեւ այդ եղանակով հաշվարկված մակերեսի ճշտության վրա ազդում են միայն դաշտում թույլ տրված չափման սխալները (գծերի եւ անկյունների): Այլ եղանակների կիրառման դեպքում (գրաֆիկական եւ մեխանիկական) բացի նշված սխալներից ավելանում են նաեւ հատակագծի, կամ քարտեզի կառուցման սխալները, թղթի վրա մակերեսի չափման եւ թղթի դեֆորմացիայի շնորհիվ առաջացած սխալները եւ այլն:

Վերլուծական եղանակը նպատակահարմար է կիրառել այն դեպքում, երբ անհրաժեշտ է ստանալ մակերեսի մեծությունը բարձր ճշտությամբ, նախքան հատակագծի կազմելը: Երբ հատակագիծն արդեն կազմված է, հաճախ հիմնական մակերեսը, որը պարփակված է պոլիգոնի մեջ, որոշում են վերլուծական եղանակով, իսկ պոլիգոնից դուրս գտնվող մակերեսը՝ դրա կողմերի եւ հողամասի սահմանների միջեւ որոշում են գրաֆիկական կամ մեխանիկական եղանակով: Եթե չափվող մակերեսներն ունեն բարդ եզրագծեր եւ մեծ քանակությամբ գագաթներ, ապա հաշվարկները կատարում են հաշվիչ մեքենաների օգնությամբ՝ հատուկ ծրագրերով:

Պոլիգոնի գագաթների կոորդինատների տվյալներով մակերեսը հաշվարկելիս կազմվում է աղյուսակ, որի մեջ գրանցվում են կոորդինատները: Անհրաժեշտ է ուշադիր լինել կոորդինատները գրանցելիս, որովհետեւ թույլ տրված սխալները չեն հայտնաբերվի: Նախքան հաշվարկները կոորդինատները կլորացվում են մինչեւ 0,1 մ: Բազմապատկելու ընթացքում արդյունքները նույնպես կլորացվում են:

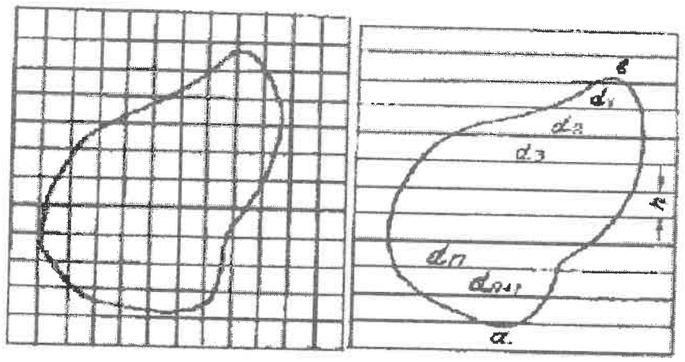
Վերլուծական եղանակի ճշտությունը գնահատվում է 1:1000 հարաբերական սխալով, կամ S:1000 բացարձակ սխալով, որտեղ S-ը չափվող մակերեսն է:

5.2 Գրաֆիկական եղանակ

Այդ եղանակով մակերեսները հաշվարկում են հատակագծի կամ քարտեզի վրա կատարված գծային չափումների արդյունքների հիման վրա: Մակերեսը բաժանում են եռանկյունների, քառակուսիների կամ սեղանների ձեւ ունեցող մասերի (նկ. 5.1): Ամեն մի եռանկյան (քառանկյան կամ սեղանի) համար չափում են դրա հիմքը եւ բարձրությունը, հաշվարկում են դրա մակերեսը, որից հետո ստացված արդյունքները գումարվում են միմյանց:

Գրաֆիկական եղանակին է վերաբերում նաեւ մակերեսի չափումը պալետ կոչվող պարզ սարքի օգնությամբ, որը կիրառում են այն դեպքում, երբ մակերեսը մեծ չէ եւ սահմանափակված է կորագիծ եզրագծերով:

Առավել կիրառում են գտել ուղղագիծ պալետները: Դրանք իրենցից ներկայացնում են փոխուղղահայաց գծերից (նկ.5.3ա), կամ զուգահեռ գծերից (նկ.5.3բ) բաղկացած մի ցանց, որը գծվում է թափանցիկ հիմքի վրա (ցելուլոիդ, մոմաթուղթ, լուսաժապավեն):



ա) բ)

Նկ.5.3

Գծիկները տարվում են (1-7) մմ հեռավորության վրա: Հատակագծի կամ քարտեզի վրա որեւէ մակերես չափելու համար պալետը դրվում է այդ մակերեսի վրա այնպես, որ դա ընդգրկի դրա եզրագիծը, որից հետո հաշվում են լրիվ քառակուսիների քանակը եւ աչքաչափով գնահատում են մասամբ ծածկված քառակուսիները: Գումարվում են միմյանց ստացված մեծությունները եւ բազմապատկում մեկ քառակուսուն համապատասխանող մակերեսի վրա, որը կախված է քառակուսու կողմերի չափերից եւ հատակագծի մասշտաբից: Օրինակ, եթե քառակուսու կողմը հավասար է 2 մմ, ապա 1:5000 մասշտաբի դեպքում դրա մակերեսը իրականում հավասար կլինի 100 մ^2, իսկ 1: 2000 մասշտաբի դեպքում՝ 16 մ^2:

Մակերեսի որոշումն անհրաժեշտ է կատարել երկու երեք անգամ՝ դասավորելով պալետը մակերեսի նկատմամբ տարբեր ուղղություններով: Քառակուսի պալետի թերությունը կայանում է հետեւյալում՝ քառակուսիների քանակը հաշվելիս հաճախ թույլ են տալիս կոպիտ սխալներ: Այդ պատճառով խորհուրդ չի տրվում կիրառել պալետն այն դեպքում, երբ մակերեսի մեծությունը հատակագծի վրա ավել է 2 սմ^2–ից:

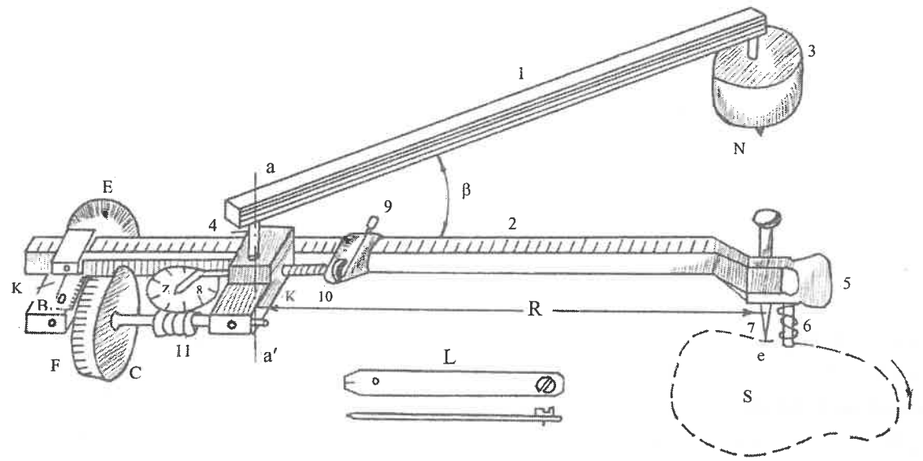
Զուգահեռ գծիկների ճեւով պալետը պատրաստելիս (նկ.5.3բ) դրանց միջեւ հեռավորությունը վերցնում են 1 մմ: Այդպիսի պալետը դրվում է չափվող մակերեսի եզրագծի վրա այնպես, որ պալետի որեւէ երկու գծիկները շոշափեն եզրագիծը, օրինակ, a եւ b կետերում: Այդ դեպքում կարելի է համարել, որ տեղամասի մակերեսը բաժանված է պալետով d_1, d_2, d_3, … d_n հիմքեր ունեցող սեղանների: Ծայրի մասերը նույնպես կարելի է դիտել որպես սեղաններ, որոնց հիմքերից մեկը հավասար է զրոյի:

Չափվող մակերեսը հավասար կլինի բոլոր S_i սեղանների մակերեսների գումարին, որոնցից ամեն մեկի բարձրությունը հավասար է գծիկների միջեւ եղած h հեռավորությանը: Այսպիսով, անհրաժեշտ է չափել մասշտաբով d_1, d_2, … հատվածների երկարությունները (որոնք սահմանափակված են մակերեսի եզրագծով), գումարել դրանք միմյանց եւ բազմապատկել մասշտաբի վերածած h մեծությունով:

Նկարագրված պալետով խորհուրդ է տրվում օգտվել այն դեպքում, երբ մակերեսների մեծությունները չեն գերազանցում 10 սմ^2 հատակագծի վրա:

5.3 Մակերեսների չափման մեխանիկական եղանակը:
Պլանիմետր (մակերեսաչափ):

Տվյալ եղանակը իրագործվում է պլանիմետր կոչվող գործիքի օգնությամբ: Դա լայն կիրառում է գտել հատակագծերի եւ քարտեզների վրա մակերեսները չափելիս: Առավել կիրառական է բեւեռային պլանիմետրը (նկ.5.4):



Նկ.5.4

Բեւեռային պլանիմետրը բաղկացած է երկու լծակներից, որոնցից մեկը՝ 1, անվանում են բեւեռային, որովհետեւ դա իր ծայրում ունի ծանրոց 3 ասեղով N, որը կատարում է բեւեռի դեր, իսկ մյուսը՝ 2՝ շրջատարային: Այս երկու լծակները aa ′ առանցքի ուղղությամբ ամրացված են հոդակապով: Դա իրենից ներկայացնում է գնդաձեւ ծայր ունեցող հավելամաս 4, որն իր գնդիկով հագնում է 2 լծակի շարժական k սայլակի փոսիկի մեջ այնպես, որ 1 եւ 2 լծակները կարող են պտտվել մեկը մյուսի նկատմամբ aa ′ առանցքի շուրջը, իսկ մյուսին՝ բեւեռի շուրջը: k սայլակը ունի F հոլովակ, որի մակերեւույթի վրա արված են բաժանքներ: F հոլովակն ամրացված է C անիվի հետ, որով 2 լծակը հենվում է թղթի վրա: Բացի այդ հենման կետեր են ծառայում լծակի 2 ծայրում գտնվող E սկավառակը եւ ասեղի 7 կողքը գտնվող բույթը 6, որն ամրացված է բռնակի 5 ներքեւի մասում: Բույթը թույլ չի տալիս որպեսզի ասեղի 7 սուր ծայրը քերի թուղթը: Բռնակի 5 օգնությամբ ասեղը շարժում են S մակերեսի եզրագծով սկսելով եւ ավարտելով այդ շարժումը որեւէ e կետում, այդ առումով լծակը 2 անվանում են շրջատար:

Այսպիսով, աշխատանքի ընթացքում, երբ շրջատար լծակի 7 ասեղի ծայրը շարժվում է S մակերեսի եզրագծի վրայով, պլանիմետրի բեւեռը՝ N-ը, մնում է թղթի վրա միեւնույն կետում, մնացած մասերը գտնվում են շարժման մեջ:

k սայլակի վրա գտնվում է պլանիմետրի կարեւոր մասը՝ դրա հաշվիչ մեխանիզմը, որը բաղկացած է, բացի F հոլովակից, հորիզոնական կլոր թվատախտակից 8 եւ B_1 վերնիերից (նկ.5.5): Թվատախտակի 10 բաժանքները (0-9) ցույց են տալիս F հոլովակի լրիվ պտույտների թիվը, իսկ B_1 վերնիերը գնահատում է F հոլովակի շրջանագծի մեկ հարյուրերորդական մասի (մեկ բաժանքի) մեկ տասերորդական մասը, այսպիսով B_1 վերնիերի օգնությամբ հնարավոր է գնահատել F հոլովակի շրջանագծի L երկարության հազարերորդական մասը՝ τ -ուն՝

$$\tau = \frac{L}{1000} \qquad (5.3)$$

k սայլակը հաշվիչ մեխանիզմի հետ միասին կարելի է շարժել շրջատար լծակի 2 վրայով եւ ամրացնել դրա ցանկացած տեղում սեղմիչ պտուտակի 9 օգնությամբ, իսկ ամրացնելուց հետո պտուտակով 10 դրան կարելի է հաղորդել մանրաչափական շարժում:

k սայլակի դիրքը լծակի վրա գնահատվում է դրա մակերեսի վրա գտնվող բաժանքներով եւ B_2 վերնիերով (նկ. 5.5): Պլանիմետրի բեւեռը սեղմվում է թղթի վրա ծանրոցով 3, որի սույր ծայրը հանդիսանում է բեւեռ:

Մակերեսաչափի τ-ի մեծությունը կախված է F հոլովակի d տրամագծից, հետեւաբար, կարտահայտվի՝

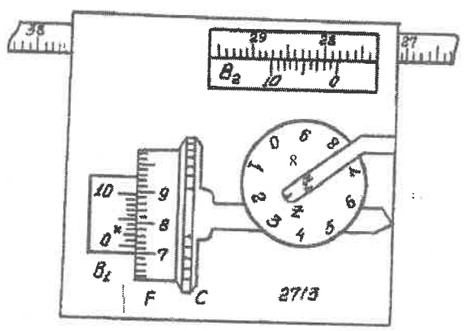
$$\tau = \frac{\pi d}{1000} \qquad (5.4)$$

բանաձեւով:

Սովորաբար, d տրամագիծը մոտ է լինում 20 մմ-ի, ուստի τ-ն մոտ կլինի 0,06 մմ-ին: Դա փոքր մեծություն է, եւ անմիջապես աչքով դրան հնարավոր չէ գնահատել: Այդ նպատակի համար ծառայում է B_1 վերնիերը:

Երբ C անիվը պտտվում է թղթի վրայով, դրա հետ միասին պտտվում է անիվի առանցքը եւ 11 պտուտակը: Դա իր պտույտները փոխանցում է հորիզոնական 8 թվատախտակին, որի տեղաշարժումը գնահատելու համար ծառայում է Z ցուցանիշը: Երբ C անիվը կատարում է տաս պտույտ, թվատախտակի 8 շրջանը պտտվում է մեկ անգամ: Քանի որ C անիվի եւ F հոլովակի մեկ պտույտը կհամապատասխանի պլանիմետրի 1000 τ-ի, ուստի թվատախտակի 8 մեկ լրիվ պտույտը կհամապատասխանի 10000 τ-ի: Թվատախտակի վրա կա տաս բաժանք, ուստի դրանցից յուրաքանչյուրը կարտահայտի ուղղածիգ C անիվի մեկ պտույտը, այսինքն, հավասար կլինի 1000 τ:

Հաշվանքը հաշվիչ մեխանիզմի վրա բաղկացած է 4 նիշից: Առաջին (ձախ) նիշը ստանալու համար նայում են հորիզոնական թվատախտակի Z ցուցանիշին եւ նկատում են, թե որ երկու թվերի միջեւ է դա դասավորված (օրինակ, 2 եւ 3), ու գրանցում են դրանցից փոքրը (2): Դրանից հետո նայում են B_1 վերնիերի 0 գծիկին եւ նկատում են, թե ուղղածիգ հոլովակի ո՞ր երկու մոտակա թվերի միջեւ է դա դասավորվել (օրինակ, 7 եւ 8) եւ գրանցում փոքրը՝ (7), ուստի հաշվանքի երկու նիշերը կլինեն 27: Հաշվելով փոքր նիշից (7-ից) մինչեւ վերնիերի զրոն եղած լրիվ բաժանքների թիվը՝ գրանցում են երրորդ նիշը (1)՝ (271) եւ գտնելով վերնիերի վրա դրա 0-ից հաշված այն գծիկը (3), որը համընկած է դիմացի F հոլովակի հնչ որ մի գծիկի հետ, գրանցում են չորրորդ նիշը (3)՝ 2713 (նկ.5.5):



Նկ.5.5.

Եթե հորիզոնական թվատախտակի վրա Z ցուցանակը դասավորվել է 9 եւ 0 թվերի միջեւ, ապա գրանցում են 9 (որը փոքր է 10-ից), իսկ եթե գտնվում է 0 եւ 1-ի միջեւ, գրանցում են 0: Նույնը վերաբերում է ուղղածիգ F հոլովակին, եթե B_1 վերնիերի 0-ն գտնվում է 9 եւ 0 միջեւ՝ գրանցում են 9, իսկ եթե դա գտնվում է 0 եւ 1 միջեւ, գրանցում են 0:

Պլանիմետրով հատակագծի կամ քարտեզի վրա տարբեր մեծությամբ մակերեսներ չափելիս դրա բեւեռը կարող է գրավել երկու հնարավոր դրություն չափվող մակերեսի նկատմամբ: Եթե չափվող մակերեսի մեծությունը հատակագծի վրա չի գերազանցում 400 սմ^2, ապա բեւեռը դասավորում են մակերեսի միջեւ առաջացող անկյունը՝ β-ն, ցանկալի է, որ գտնվի 30°-ից մինչեւ 150° սահմաններում: Ցանկալի է նաեւ, որ ընտրված e սկզբնակետից (նկ.5.4) շրջանցումը սկսելիս լծակների միջեւ անկյունը մոտ լինի 90°-ի:

Աշխատանքն ընթանում է հետեւյալ հաջորդականությամբ: Տեղակայելով պլանիմետրը չափվող մակերեսին մոտ՝ ընտրում են N բեւեռի դիրքը եւ մոտավորապես շրջանցելով մակերեսի եզրագիծը, գնահատում են որպես բեւեռ ընտրված N կետի դիրքը, եւ եթե դա չի բավարարում (30°-150°) պայմանին, փոխում են դրա տեղը: Այն դեպքերում, երբ բեւեռը մակերեսից դուրս դիրքում չի հաջողվում ընտրել բեւեռի համար հարմար կետ, կամ բաժանում են մակերեսը մասերի, կամ բեւեռը տեղակայում են մակերեսի ներսում:

Այսպիսով, բեւեռի դիրքն ընտրելուց հետո ասեղը 7 (նկ.5.4) համատեղում են մակերեսի եզրագծի e կետի հետ, կատարում են U_1=2774 հաշվանքը եւ 5 բռնակի օգնությամբ շարժում են ասեղի 7 ծայրը մակերեսի եզրագծով ժամացույցի սլաքի շարժման ուղղությամբ, վերադառնալով նորից e կետը, կարդում են U_2=3564՝ երկրորդ հաշվանքը: Կրկնելով նկարագրված գործողությունը, վերցնում են U_3 եւ U_4 հաշվանքները՝ գրանցելով ստացված տվյալները աղյուսակի մեջ (աղ. 5.1): Աղյուսակի մեջ բերված են երեք շրջանցումների տվյալները: Հաշվանքների տարբերությունները՝ $n=U_{i+1}-U_i$, չպետք է տարբերվեն միեւնույն մակերեսի համար 2 բաժանքով, եթե n≤200, 4 բաժանքով, եթե n≤1000 եւ 6 բաժանքով եթե n≈2000: Նշված պայմանների բավարարման դեպքում որոշում են $n_{միջին}$-ը, որի տվյալով հաշվում են մակերեսի մեծությունը որոշակի բանաձեւերով:

Աղյուսակ 5.1

			Թվային օրինակ		
Հաշվանքներ	Տարբերություններ	Միջին տարբերություն	Հաշվանքներ	Տարբերություններ	Միջին տարբերություն
U_i	n_i	n	n_i	n_n	n
U_1	$U_2-U_1=n_1$		2774	1020	1020
U_2	$U_3-U_2=n_2$		3774	1018	
U_3	$U_4-U_3=n_3$		4792	1023	
U_4			5815		

5.3.1 Պլանիմետրի բաժանքի գինը, դրա հաստատունը, մակերեսների հաշվման համար բանաձեւերը

Պլանիմետրի յուրաքանչյուր τ-ին հատակագծի վրա համապատասխանում է որոշակի մակերես, որն անվանում են պլանիմետրի բաժանքի գին եւ նշանակում են p տառով: Եթե հայտնի լինի բաժանքի գինը, ապա չափվող մակերեսի S մեծությունը կորոշվի հետեւյալ բանաձեւերով՝

1) երբ բեռը մակերեսից դուրս է՝

$$S=p\cdot n \qquad (5.5)$$

2) երբ բեռը մակերեսի ներսում է՝

$$S=p(n+q), \qquad (5.6)$$

որտեղ q-ն կոչվում է պլանիմետրի հաստատուն:

Ինչպես բաժանքի գինը՝ p-ն, այնպես էլ պլանիմետրի հաստատունը՝ q-ն, կախված են հատակագծի մասշտաբից:

Պլանիմետրի բաժանքի գնի եւ հաստատունի որոշումը

Տեսականորեն պլանիմետրի բաժանքի գինն արտահայտվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$p=R\cdot\tau, \qquad (5.7)$$

որտեղ՝ R-ը պլանիմետրի շրջատար լծակի երկարությունն է:

Սովորաբար R=160 մմ, իսկ τ=0,06 մմ, ուստի՝

$$p=160\cdot0,06\approx10\text{մմ}^2\approx0,1\text{սմ}^2$$

Այս օրինակից երեւում է, որ փոքր մակերեսները (մինչեւ 2 սմ^2) ավելի մեծ ճշտությամբ կարելի է չափել պալետով, որովհետեւ պլանիմետրի մեկ բաժանքին համապատասխանող մակերեսը՝ 0,1 սմ^2 (հաշվանք կարդալու ճշտությունը), հավասար է պալետի մի քանի քառակուսիների մակերեսին: Քանի որ (5.7) բանաձեւի մեջ τ մեծությունը շատ փոքր է, եւ դրա որոշելը ուղղակի ճանապարհով դժվար խնդիր է, ապա p-ն որոշում են գործնականում հետեւյալ կերպ:

Հատակագծի վրա ընտրում են պարզ ձեւ ունեցող հայտնի մակերես, օրինակ, 10սմ x10սմ=100սմ^2 քառակուսու մակերեսը: Տեղակայում են պլանիմետրի բեւեռը մակերեսից դուրս եւ, մի քանի անգամ շրջանցելով քառակուսու պարագիծը, որոշում են $n=U_{i+1}-U_i$ հաշվանքների տարբերության միջին թվաբանականը, որից հետո՝

$$p=\frac{S}{n_\delta} \qquad (5.8)$$

բանաձեւով, որը բխում է (5.5) բանաձեւից, որոշում են p-ն (S-ը հայտնի մեծություն է): Եթե S-ը արտահայտված է քառակուսի սանտիմետրերով (դիտարկվող օրինակում S=100սմ^2), ապա p բաժանքի գինը նույնպես կարտահայտվի սմ^2-ով եւ կկոչվի բաժանքի բացարձակ գին (1:1 մասշտաբով):

Եթե S մակերեսն արտահայտված է հեկտարներով կամ քառակուսի մետրերով, այսինքն, ներկայացնում է հատակագծի վրա ընտրված քառակուսու մակերեսի արժեքը դաշտում եւ հավասար է 100 սմ$^2\cdot$M^2, որտեղ M-ը հատակագծի մասշտաբի հայտարարն է, ապա բաժանքի գինը՝ p-ն, հաճախ անվանում են հողային գին:

Օրինակ՝ 1:5000 մասշտաբի հատակագծի վրա 10 սմ կողմեր ունեցող քառակուսու մակերեսը (100սմ^2) հողամասի վրա կհամապատասխանի՝ 100սմ^2 M^2=250000մ^2=25 հեկտար:

Եթե $n_{\text{միջին}}$=1020,

$$p=\frac{250000\ \text{մ}^2}{1020}=244,9\text{մ}^2\ ,$$

կամ

$$p=\frac{25\ \text{հա}}{1020}=0,0245\ \ \text{հա}$$

Այս տվյալները համապատասխանում են 1:5000 մասշտաբին որոշակի R լծակի դեպքում, որի արժեքը կարելի է կարդալ քաոնոի վրա B_2 վերնիների օգնությամբ (նկ.5.5): Ենթադրենք, դիտարկվող օրինակի համար, երբ P=244,9 մ^2 R_i=278,4 պայմանական բաժանք:

Դժվար չէ կռահել (դա բխում է 5.7 բանաձեւից), որ R լծակի երկարության փոփոխման դեպքում կփոփոխվի նաեւ p-ի արժեքը, ուրեմն կարելի է R-ը ընտրել այնպես, որ p–ն ստանա հաշվարկների համար ավելի հարմար արժեք: Եթե բաժանքի p գինը ստացվել է լծակի R_i երկարության դեպքում, ապա նախօրոք ցանկալի p_o գին ստանալու համար անհրաժեշտ կլինի փոփոխել լծակի երկարությունը՝ դարձնելով այն R_o:

Նախորդ օրինակում ստացվել էր p=244,9մ^2 եւ R_i=278,4, ավելի ձեռնտու կլինի, եթե բաժանքի գինը լինի p_o=250,0մ^2: Այս դեպքում՝

$$\frac{R_o}{R_i}=\frac{p_o}{p_i}, \qquad R_o=\frac{p_o}{p_i}\cdot R_i \qquad (5.9)$$

$$R_o=278,4\cdot\frac{250}{244,9}=284,5$$

Ստացված թվի վրա անհրաժեշտ է փոխել R_i=278,4 հաշվանքը՝ օգտվելով B_2վերնիներից (նկ.5.5): Դրա համար թուլացնում են սեղմիչ 9 պտուտակը եւ ամբողջ հաշվիչ մեխանիզմը սահեցնում են 2 լծակի քաոնոի վրայով այնքան, որ B_2 վերնիների զրոյին մոտենա քաոնոի 284 գծիկը, որից հետո ամրացնում են պտուտակը 9 եւ մանրաչափական պտուտակի 10 օգնությամբ ճշտում են R_o-ին համապատասխանող հաշվանքը՝ դարձնելով այն հավասար 284,5: Այս գործողություններից հետո նորից որոշում են բաժանքի գինը Γ-ն:

Բաժանքի գինը որոշելու համար պլանիմետրի լրակազմի մեջ մտնում է ստուգիչ քաոնոը L (նկ.5.4), որի մի ծայրում ամրացված է ասեղ, իսկ մյուս ծայրում արված է փոքրիկ խորացում:

Քաոնոը դրվում է թղթի վրա այնպես, որ ասեղը մտնի դրա մեջ: Պլանիմետրի շրջատար լծակի ասեղը հագցվում է քաոնոի խորացման մեջ, իսկ բեւեռային լծակի ծանրոցի ասեղն ամրացվում է հարմար դիրքում: Դրանից հետո պլանիմետրով չափում են մի քանի անգամ շրջանագծի մակերեսը, որը ստացվում է, երբ քաոնոը, պտտվելով իր ասեղի շուրջը, գծում է լրիվ շրջանագիծ: Քաոնոի ասեղի ծայրից մինչեւ խորացման կենտրոնը եղած հեռավորությունը (շառավիղը) հաշված է այնպես, որ շրջանի մակերեսը թղթի վրա ստացվի 100 սմ^2, իսկ հողամասի վրա դա կլինի հավասար S=100 M^2 սմ^2, որտեղ M-ը մասշտաբի հայտարարն է:

Սովորաբար պլանիմետրի բաժանքի գինը որոշելու համար հնարավոր բարձր ճշտությամբ չափում են կոորդինատային ցանցի երեք քառակուսիներով սահմանափակված մակերեսը: Մակերեսի շրջանցումը կատարում են չորս անգամ՝ բեւեռի երկու դիրքերում:

Նշված պայմանները բավարարելու դեպքում բաժանքի գնի որոշման սխալը գնահատվում է 0,0009 հարաբերական սխալով:

Պլանիմետրով մակերեսների չափման ճշտությունը հիմնականում բնորոշվում է բաժանքի գնի որոշման ճշտությամբ:

5.3.2 Պլանիմետրի q հաստատունի որոշումը

q հաստատունը որոշելու համար չափում են միեւնույն S մակերեսը երկու անգամ, տեղակայելով պլանիմետրի բեւեռը մեկ անգամ մակերեսի ներսում, իսկ մյուս անգամ՝ մակերեսից դուրս: Երբ մակերեսը չափվում է բեւեռը դրսից վիճակում դա բաժանվում է գծերով երկու կամ երեք մասերի, այնպես, որ ամեն մի մասը չափվի նպաստավոր պայմաններում (լծակներով կազմված անկյունը գտնվի 30°-150° տիրույթում):

Ենթադրենք, բեւեռը ներսում դիրքի դեպքում S մակերեսը պլանիմետրով չափելիս վերջնական եւ սկզբնական հաշվանքների տարբերությունը ստացվել է հավասար n_1, իսկ բեւեռը դրսից՝ n_2: Քանի որ չափվել է միեւնույն S մակերեսը, ապա համաձայն (5.5) եւ (5.6) բանաձեւերի կարող ենք գրել՝

$$p\cdot(n_1+q)=p\cdot n_2, \qquad \text{որտեղից}$$

$$q=n_2-n_1$$

Անհրաժեշտ է նշել նաեւ հետեւյալը: Քանի որ $n=U_2-U_1$, ուրեմն ենթադրվում է, որ U_2 մեծ է U_1–ից: Այն դեպքում, երբ U_2 ստացվում է U_1–ից փոքր, անհրաժեշտ է U_2-ին գումարել 10 000·m հաշվանքը, որտեղ m–ը ցույց է տալիս, թե քանի անգամ U_1 հաշվանքը կարդալուց հետո 8 թվատախտակի 0 նիշը կանցնի Z ցուցանակը մինչեւ U_2 հաշվանքը կարդալը:

q հաստատունը, ինչպես եւ p բաժանքի գինը որոշում են մի քանի անգամ եւ որպես վերջնական արժեք վերցնում են միջին թվաբանականը:

Պլանիմետրով մակերեսների չափման ժամանակ բարձր ճշտություն ստանալու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի՝

1) հատակագծի կամ քարտեզի թուղթը լինի հարթ, առանց ծռվածքների եւ վնասվածքների;
2) պլանիմետրի բեւեռն անհրաժեշտ է ընտրել այնպես, որ մակերեսի եզրագիծը շրջանցելիս լծակների միջեւ անկյունը լինի 30°-ից ոչ պակաս եւ 150°-ից ոչ ավել;
3) եզրագծի շրջանցումն սկսելիս անհրաժեշտ է սկզբնակետը (e կետը, նկ.5.4) ընտրել այնպես, որ այդ մասում ուղղածիգ անիվի պտույտը լինի դանդաղ (լծակների միջեւ անկյունը ≈90°);
4) եզրագծի վրայով շրջատար լծակի ասեղն անհրաժեշտ է շարժել սահուն, առանց թռիչքների եւ կանգառների, այնպիսի արագությամբ, որ հնարավոր լինի կարդալ թվատախտակի թվերը;

5) յուրաքանչյուր մակերեսն անհրաժեշտ է չափել առնվազն երկու անգամ, մեկ անգամ դասավորելով բեւեռը շրջատար լծակի նկատմամբ աջից, մյուս անգամ՝ ձախից (եթե նայենք հաշվիչ մեխանիզմից ասեղի ուղղությամբ):

Բեւեռի երկու դիրքով ստացված n_1 եւ n_2 մեծությունների տարբերությունը չպետք է գերազանցի տվյալ մակերեսի 1:200 մասը (արտահայտված հաշվանքներով): Այսինքն՝

$$n_1 - n_2 \le \frac{n}{200} \quad ,$$

որտեղ n-ի փոխարեն տեղադրվում է կամ n_1, կամ n_2: Որպես վերջնական արդյունք վերցնում են՝

$$P_{\text{միջ}} = \frac{n_1 + n_2}{2}$$

6) պլանիմետրով խորհուրդ չի տրվում չափել փոքր մակերեսներ (10 սմ^2-ուց փոքր) եւ այնպիսի մակերեսներ, որոնք սահմանափակված են երկար պարագծերով (ճանապարհներ, ջրանցքներ եւ այլն);

7) ձեռնտու է չափել մակերեսները, տեղակայելով պլանիմետրի բեւեռը մակերեսից դուրս, որպեսզի հաշվարկների ժամանակ խուսափել գ-ից, որը մտցնում է լրացուցիչ սխալներ:

Պլանիմետրով մակերեսների չափման ճշտությունը բնորոշվում է 1:200-1:400 հարաբերական սխալով եւ զգալի չափով կախված է մակերեսի մեծությունից, չափվող մակերեսը սահմանափակող եզրագծի ձեւից, թղթի որակից, չափողի հմտությունից, պլանիմետրի բաժանքի գնից եւ այլն:

Ճշտությունը միեւնույն մակերեսի չափման ժամանակ այնքան բարձր կլինի, որքան խոշոր է հատակագծի մասշտաբը (որքան փոքր է մասշտաբի M հայտարարը): Հեկտարներով արտահայտված S մակերեսի մեկ անգամ չափման միջին քառակուսային սխալը՝ m_S-ը, գնահատվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$m_S = \frac{0{,}03M\sqrt{S}}{10000} \qquad (5.10).$$

Օրինակ՝ 1:5000 մասշտաբի եւ S=25 հեկտարի դեպքում՝

$$m_S = 0{,}03 \cdot 0{,}0001 \cdot 5000\sqrt{25} = 0{,}075 \text{ հա}$$

5.3.3 Պլանիմետրի ստուգումները

Պլանիմետրի կարեւոր մասն է համարվում դրա F հաշվիչ հոլովակի հետ ամրացված C անիվը, որով դա շփվում է թղթի հետ: Շփումն ապահովելու համար անիվի վրա արված են մանր ակոսներ (շտրիխներ): Պլանիմետրը պահանջում է խնամքով վերաբերմունք: Խոնավ պայմաններում, բացասական ջերմաստիճանի դեպքում, քրտնած ձեռքերով անիվին հաճախ շոշափելը քայքայում է դրա վրա արված գծիկները եւ դա դառնում է անօգտագործելի:

Ինչպես ցանկացած գեոդեզիական գործիք, պլանիմետրն օգտագործելուց առաջ պետք է ստուգվի եւ ուղղվի: Պլանիմետրը պետք է բավարարի հետեւյալ պայմաններին:

1. Հաշվիչ հոլովակը պետք է ունենա ազատ պտույտ, չքսվի վերնիներին եւ չշարժվի առանցքակալների մեջ: Դրանում համոզվելու համար շարժում են հոլովակը մատով, դրա պտույտը պետք է տեւի 3-4 վայրկյան: Հոլովակի եւ վերնիների միջեւ պետք է մնա տարածություն, որի մեջ հնարավոր լինի անցկացնել բարակ թուղթ մաքրելու համար: Եթե պայմանը բավարարված չէ, ապա հոլովակի պտտման առանցքը կարգավորվում է հատուկ պտուտակներով, որոնք տեղաշարժում են առանցքի բնիկները:

2. Հոլովակի բաժանքներով ճիշտ հաշվանք կարդալու համար վերնիները պետք է բավարարի հետեւյալ պայմաններին՝ վերնիների հարթությունը պետք է կազմի հոլովակի հարթության շարունակությունը, կարգավորումը կատարվում է այն պտուտակներով, որոնցով վերնիներն ամրացված է շրջանակին:
3. Հոլովակի հարթությունը պետք է ուղղահայաց լինի դրա պտտման առանցքին, իսկ վերջինս զուգահեռ լինի այն ուղիղ գծին, որը միացնում է շրջատար լծակի ասեղով անցնող ուղղածիգ գիծը aa′ առանցքի հետ (նկ.5.4) եւ ուղղահայաց է aa′-ին:

Ստուգումը կատարելու համար միեւնույն S մակերեսը չափում են երկու անգամ՝ բեւեռն աջից եւ բեւեռը ձախից դիրքում: Պայմանը համարվում է բավարարված, եթե ստացված արդյունքները տարբերվում են դրանց միջին արժեքից 1:200 մասից պակաս: Հակառակ դեպքում մակերեսներն անհրաժեշտ է չափել՝ միշտ տեղակայելով բեւեռը տարբեր դիրքերում: Այս դեպքում միջին արժեքը ստացվում է առանց սխալի, սխալները փոխհատուցվում են, որի պատճառով էլ պլանիմետրը անվանում են կոմպենսացիոն:

Կարգավորման անհրաժեշտության դեպքում օգտվում են կարգավորիչ պտուտակով, որը հնարավորություն է տալիս փոփոխելու հաշվիչ մեխանիզմը պատյանի եւ շրջատար լծակի առանցքի միջեւ եղած անկյունը:

Նկարագրված տարբեր եղանակներով չափվում են հողակտորների ոչ թե իրական մակերեսները, այլ դրանց հորիզոնական պրոյեկցիաները, որոնց արժեքը կարող է զգալի չափով տարբերվել իրականից: Այսպես, օրինակ, եթե 1:M մասշտաբի հատակագծի վրա լանջի մակերեսի հորիզոնական պրոյեկցիան ստացվել է հավասար Sմ^2, ապա իրականում դա կլինի՝

$$\frac{S\text{մ}^2}{\cos\nu} \quad ,$$

որտեղ ν-ն լանջի թեքության անկյունն է: Շինարարական գործում այս տարբերությունը սովորաբար հաշվի չեն առնում:

5.4 Մակերեսների որոշման ճշտությունը

5.4.1 Հասկացողություն գրաֆիկական ճշտության մասին:

Այդ ճշտությունը բնորոշվում է այն միջին քառակուսային սխալով, որը թույլ է տրվում տեղավայրում չափված գծի հորիզոնական պրոյեկցիան հատակագծի վրա չափակարկինի եւ մասշտաբային քանոնի օգնությամբ տեղադրելու ժամանակ, նաեւ այն սխալով, որը թույլ է տրվում հատվածի երկարությունը հատակագծի վրա չափելու ընթացքում: Նշված միջին քառակուսային սխալը գնահատվում է (0,08-0,1) մմ մեծությունով [27]:

5.4.2 Հատվածների երկարությունների եւ գծերի ուղղությունների որոշման ճշտությունը հատակագծի վրա

Եթե հատակագծի վրա առանձին կետերը տեղադրվել են որոշակի սխալներով, ապա պարզ է, որ այդ կետերի միջեւ հատվածների երկարությունը եւ ուղղությունը որոշելիս նույնպես կառաջանան սխալներ:

Ենթադրենք, որ 1 եւ 2 կետերը կառուցվել են հատակագծի վրա մեկը մյուսից անկախ դրանց X_1, Y_1 եւ X_2, Y_2 ուղղանկյուն կոորդինատներով:

Այդ կետերի միջեւ հատվածի երկարությունը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$S^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

Այդ ֆունկցիայի ($f=(x_1, x_2, y_1, y_2)$) m_S միջին քառակուսային սխալը կարելի է որոշել (2.41) բանաձեւով: Սակայն կարելի է նաեւ վարվել հետեւյալ կերպ:

Դիֆերենցելով բերված արտահայտությունը՝ կունենանք՝

$$2SdS=2(x_2-x_1)dx_2-2(x_2-x_1)dx_1+2(y_2-y_1)dy_2-2(y_2-y_1)dy_1,$$

այսինքն, կստանանք (dx_1, dx_2, dy_1, dy_2 եւ d_s) բացարձակ սխալների միջեւ եղած կապը, որը արտահայտված է (2.32) տեսք ունեցող ֆունկցիայով: Միջին քառակուսային սխալների միջեւ կապ ստանալու համար կարող ենք կիրառել (2.33) բանաձեւը, որի համաձայն՝

$$S^2m_s^2=(x_2-x_1)^2m_{x_2}^2+(x_2-x_1)^2m_{x_1}^2+(y_2-y_1)^2m_{y_2}^2+(y_2-y_1)^2m_{y1}^2 \quad (5.11)$$

Ընդունենք, որ 1 եւ 2 կետերի կոորդինատները հատակագծի վրա տեղադրվել են միեւնույն սխալով՝

$m_{x_1}=m_{y_1}=m_{k_1}$ եւ $m_{x_2}=m_{y_2}=m_{k_2}$

Այս դեպքում՝

$$S^2m_s^2=m_{k_2}^2\left[(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2\right]+m_{k_1}^2\left[(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2\right]$$

Փակագծերում եղած արտահայտությունները կարելի է փոխարինել S^2-ով, ուստի կստանանք՝

Եթե
$$m_s^2=m_{k_1}^2+m_{k_2}^2 \quad (5.13)$$
$m_{k_1}=m_{k_2}$, ապա $m_s=m_k\sqrt{2}$

5.4.3 Հատակագծի վրա կետի դիրքի որոշման միջին քառակուսային սխալը (m_t-ն)

Այդ m_t սխալը կախված է m_X եւ m_Y սխալներից՝

$$m_t=\sqrt{m_x^2+m_y^2} \quad (5.14)$$

Եթե $m_x=m_y=m_k$, ապա՝

$$m_t=m_k\sqrt{2};\quad m_k=\frac{m_t}{\sqrt{2}} \quad (5.15)$$

$$m_S^2=m_{k_1}^2+m_{k_2}^2=\frac{m_{t_1}^2}{2}+\frac{m_{t_2}^2}{2}$$

$$m_S=\sqrt{\frac{m_{t_1}^2+m_{t_2}^2}{2}} \quad (5.16)$$

Եթե հատվածի ծայրակետերը հատակագծի վրա կառուցվել են նույն սխալով՝ $m_{t_1}=m_{t_2}=m_t$, ապա՝

$$m_s=m_t \quad (5.17)$$

այսինքն, հատվածի երկարության որոշման ճշտությունը հավասար է կետի դիրքը բնորոշող ճշտությանը:

5.4.4 Հատակագծի վրա գծի ուղղությունը որոշելու ճշտությունը

Գծի (հատվածի) ուղղությունը հատակագծի վրա, այսինքն, դրա դիրեկցիոն անկյունը, որոշվում է այդ գծի վրա գտնվող երկու կետերի կոորդինատների տվյալներով հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\mathrm{tg}\alpha=\frac{Y_2-Y_1}{X_2-X_1}$$

Դիֆերենցելով այդ արտահայտությունը եւ անցնելով միջին քառակուսային սխալների՝ կարող ենք ստանալ հետեւյալ բանաձեւը՝

$$m_\alpha^2=\frac{m_{t_1}^2+m_{t_2}^2}{2S^2}, \quad (5.18)$$

որտեղ m_α-ն գծի կողմնորոշման միջին քառակուսային սխալն է, իսկ S-ը 1-2 հատվածի երկարությունն է, m_{t_1}-ն առաջին կետի, իսկ m_{t_2}-ն՝ երկրորդ կետի հատակագծի վրա դիրքի որոշման սխալներն են: m_α-ն (5.18) բանաձեւով որոշվում է ռադիաններով: Րոպեներով դա կարտահայտվի հետեւյալ արտահայտությունով՝

$$m_\alpha'=\frac{3438'}{S}\sqrt{\frac{m_{t_1}^2+m_{t_2}^2}{2}} \quad (5.19)$$

Եթե $m_{t_1}=m_{t_2}=m_t$, ապա՝

$$m_\alpha'=3438'\cdot\frac{m_t}{S}$$

Եթե $m_t=\pm 0,3$ մմ, S=50 մմ հատակագծի վրա, ապա կստանանք՝

$$m_\alpha'=\pm\frac{0,3\cdot 3438'}{50}=\pm 21'$$

5.4.5 Հատակագծի վրա երկու ուղղություններով կազմված անկյան միջին քառակուսային սխալը

Ենթադրենք, հատակագծի վրա կան միմյանցից անկախ որոշված երեք կետեր՝ 1, a եւ 2 կետերը: Կետերի կոորդինատներն են՝ X_1, Y_1, X_a, Y_a, X_2, Y_2:

a եւ 1 կետերի հատվածի երկարությունը նշանակենք S_1, իսկ a-1 ուղղության դիրեկցիոն անկյունը՝ α_1: a եւ 2 կետերի համար՝ համապատասխանաբար՝ S_2 եւ α_2:

a-1 եւ a-2 ուղղություններով կազմված β անկյունը հավասար կլինի $\beta=\alpha_1-\alpha_2$: Քանի որ

$$\mathrm{tg}\alpha_1=\frac{Y_1-Y_a}{X_1-X_a}, \quad \text{իսկ} \quad \mathrm{tg}\alpha_2=\frac{Y_2-Y_a}{X_2-X_a}$$

կարելի է գրել, որ

$$\beta=\alpha_1-\alpha_2=\mathrm{arc\,tg}\frac{Y_1-Y_a}{X_1-X_a}-\mathrm{arc\,tg}\frac{Y_2-Y_a}{X_2-X_a}$$

Դիֆերենցելով ստացված արտահայտությունը ըստ X-ի եւ Y-ի եւ անցնելով միջին քառակուսային սխալների՝ կարող ենք ստանալ՝

$$m_\beta=\rho'\sqrt{\left(\frac{m_t}{S_1}\right)^2+\left(\frac{m_t}{S_2}\right)^2}=m_t\cdot\frac{\rho'}{S_1\cdot S_2}\sqrt{S_1^2+S_2^2} \quad (5.20)$$

Երբ $S_1=S_2=S$՝

$$m_\beta=\frac{m_t}{S}\cdot\rho\sqrt{2} \quad (5.21)$$

Օրինակ, երբ $m_t=\pm 0,3$ մմ, S=4 սմ (հատակագծի վրա)

$$m_\beta\approx\pm 0,3\frac{3400'}{40}\sqrt{2}\approx 36'$$

5.4.6 Հատակագծի վրա եզրագծերով սահմանափակված մակերեսների որոշման ճշտությունը

Քանի որ եզրագծերը հատակագծի վրա կառուցելիս թույլ են տրվում որոշակի գրաֆիկական սխալներ, ապա այդ եզրագծերով սահմանափակված մակերեսները նույնպես կստացվեն սխալներով: Ենթադրենք, որ մակերեսը սահմանափակված է ուղիղ հատվածներով, որոնց ծայրակետերը տեղադրված են միմյանցից անկախ, ըստ իրենց $X_1, Y_1, X_2, Y_2, \ldots X_n, Y_n$, կոորդինատների:

Բազմանկյան մակերեսը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$P = \frac{1}{2}\sum_{1}^{n} Y_K\left(X_{K-i} - X_{K+1}\right)$$

Դիֆերենցելով այդ արտահայտությունը եւ այնուհետեւ անցնելով միջին քառակուսային սխալների՝ կարող ենք ստանալ հետեւյալ բանաձեւը P մակերեսի m_p միջին քառակուսային սխալի համար՝

$$m_p = m_t\sqrt{\mathrm{Sin}\frac{360}{n}}\sqrt{P}, \qquad (5.22)$$

որտեղ m_t-ն բազմանկյան գագաթների դիրքորոշման սխալն է, իսկ n-ը գագաթների թիվն է: Քառանկյան համար n=4, հետեւաբար՝

$$m_P = m_t\sqrt{P} \qquad (5.23)$$

Ենթադրենք, բոլոր մեծություններն արտահայտված են սանտիմետրերով: Հատակագծի վրա՝

$$m_{Pսմ^2} = m_{tսմ}\sqrt{P_{սմ^2}} \qquad (5.24)$$

m_p սխալը քառակուսի մետրերով արտահայտելու համար, երբ P մակերեսը տեղամասի վրա արտահայտված է հեկտարներով, իսկ m_t թղթի վրա սմ-ով, կարող ենք օգտագործել հետեւյալ բանաձեւը՝

$$m_{P_{մ^2}} = \frac{m_{t_{սմ}}\cdot M}{100}\sqrt{P_{հա}\cdot 10000}, \qquad (5.25)$$

որտեղ M-ը մասշտաբի հայտարարն է:

Որպեսզի m_p-ն արտահայտենք հեկտարներով, անհրաժեշտ է (5.25) բանաձեւի աջ մասը բաժանել 10000-ի: Արդյունքում կստանանք՝

$$m_{P_{հա}} = \frac{m_{t_{սմ}}\cdot M}{10000}\sqrt{P_{հա}} \qquad (5.26)$$

Բերված բանաձեւով կարելի է հաշվարկել ցանկացած մակերեսի որոշման ճշտությունը ցանկացած մասշտաբի դեպքում, եթե հայտնի են դրա եզրագծային կետերի տեղադրման ճշտությունները հատակագծի վրա:

Օրինակ: 1:25000 մասշտաբի քարտեզի վրա եզրագծով սահմանափակված մակերեսը հավասար է 40 հա: Եզրագիծը սահմանափակող կետերի (գագաթների) կառուցման սխալները գնահատվում են ± 0,03 սմ, ուստի՝

$$m_P = \pm\frac{0{,}03\cdot 25000}{10000}\sqrt{40} = \pm 0{,}48 \text{ հա}$$

Երբ քառանկյան ձեւ ունեցող եզրագծի ձգվածությունն ավելանում է, դրանով

սահմանափակված մակերեսի որոշման միջին քառակուսային սխալը մեծանում է $\sqrt{\frac{1+K^2}{2K}}$ անգամ,

որտեղ K-ն քառանկյան կողմերի հարաբերությունն է [27]:

5.4.7 Գծերի եւ մակերեսների աղավաղումը Գաուսի պրոյեկցիայում

Տեղանքի վրա չափված գծի երկարությունը Գաուսի պրոյեկցիայում հարթության վրա տեղափոխելիս պետք է երկարացվի համաձայն (1.14) արտահայտության (§ 1.12.3)՝

$$S_գ = S\left(1+\frac{y^2}{2R^2}\right),$$

որտեղ՝ S-ը գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի երկարությունն է հողամասի վրա,

$S_գ$-ն նույն գծի երկարությունն է Գաուսի պրոյեկցիայի վրա,

Y-ը հատվածի ծայրակետերի միջին օրդինատն է,

R-ը երկրագնդի շառավիղն է,

$\frac{y^2}{2R^2}$ մեծությունն անվանում են գծի հարաբերական աղավաղում, որը y=200 կմ դեպքում հավասար է՝ 1:2000 (աղ.1.3):

Դա նշանակում է, որ եթե քարտեզի վրա Գաուսի պրոյեկցիայում գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի երկարությունը ստացվել է 1000 մ, ապա տեղամասի վրա դա կլինի 0,5 մետրով պակաս: Երբ y=100 կմ՝ հարաբերական աղավաղումը կլինի 1:8000, ուստի այս դեպքում այն կարելի է անտեսել: Սակայն 6°-նոց զոնայի սահմանային տարածքի վրա (եզրային մասում) այդ աղավաղումները կարիք է լինում հաշվի առնել՝ հատկապես, եթե գծի երկարությունն անհրաժեշտ է գիտենալ բարձր ճշտությամբ:

Գաուսի պրոյեկցիան հավասարանկյունային է, ուստի ոչ մեծ տարածքների համար (մի քանի հազար եւ նույնիսկ մի քանի տասնյակ հազար հեկտար) կարելի է ընդունել, որ այդպիսի տարածքների հորիզոնական պրոյեկցիան՝ P-ն, նման է դրանց տեսքին Գաուսի պրոյեկցիայում՝ $P_գ$:

Քանի որ $\frac{P}{P_գ} = \frac{S^2}{S_գ^2} = \frac{1}{\left(1+\frac{y^2}{2R^2}\right)^2}$, ապա որոշ ձեւափոխումներից հետո կարելի է ստանալ՝

$$P = P_գ\left(1-\frac{y^2}{R^2}\right), \qquad (5.27)$$

որտեղ $\frac{y^2}{R^2}$-ն մակերեսի հարաբերական աղավաղումն է, որը 2 անգամ մեծ է գծի հարաբերական աղավաղումից:

Եթե y=200 կմ, ապա $\frac{y^2}{R^2} \approx \frac{1}{1000}$ եւ, եթե տեղամասի մակերեսը Գաուսի պրոյեկցիայում ստացված հատակագծի վրա հավասար է 1000 հա, ապա իրականում դրա մեծությունը ստանալու համար հարկավոր է այն պակասեցնել 1 հեկտարի չափով:

Բերված օրինակից երեւում է, որ ոչ մեծ տարածքների դեպքում կարելի է աղավաղումները հաշվի չառնել: Մեծ տարածքների դեպքում ուղղումները մտցնում են այն դեպքերում, երբ դրանք գտնվում են զոնայի սահմաններում:

Բացի նշված աղավաղումներից, եթե հատակագծերը կառուցված են պետական գեոդեզիական ցանցերի հիման վրա, ապա պետք է նկատի ունենալ, որ այդպիսի հատակագծերի վրա գծերի երկարությունները եւ մակերեսների մեծությունները փոքրացված են, քանի որ պետական ցանցի գագաթների կոորդինատները հաշվարկված են էլիպսոիդի մակերեւույթի համար: Եթե $H_{միջին}$ բարձրության վրա գտնվող տարածքի հորիզոնական պրոյեկցիան ($H_{միջ}$ բարձրությանը համապատասխանող մակարդակային մակերեւույթի վրա) նշանակենք P, իսկ այդ տարածքի պրոյեկցիան Կրասովսկու էլիպսոիդի վրա նշանակենք P_0, ապա դրանց միջեւ կա հետեւյալ կապը՝

$$P = P_o + 2P_0\frac{H_{միջ}}{R} \qquad (R=6371 \text{ կմ})$$

Բացի նշվածից անհրաժեշտ է իմանալ նաեւ այն, որ իրական տեղագրական մակերեսների չափերը, որոնք հաճախ գտնվում են թեք լանջերի վրա, ավելի մեծ են դրանց հորիզոնական պրոյեկցիաների չափերից: Այդ տարբերությունն աճում է լանջերի թեքության i-ի մեծանալու դեպքում: Եթե իրական ֆիզիկական մակերեւույթի վրա մակերեսի մեծությունը նշանակենք $P_ֆ$, ապա դա կապված է պրոյեկցիայի վրա գտնվող P մեծություն ունեցող մակերեսի հետ հետեւյալ ձեւով՝

$$P_ֆ = P + P \cdot \frac{i^2}{2} \qquad (5.28)$$

Գյուղատնտեսության համար ավելի կարեւոր է իմանալ տարածքի հորիզոնական պրոյեկցիայի մակերեսը, որովհետեւ բույսերի քանակությունը (ցորենի, ծառերի եւ այլն, որոնք աճում են ուղղածիգ դիրքով), որոշվում է հորիզոնական պրոյեկցիայում, այլ ոչ թե թեքություն ունեցող հարթության մեջ:

5.4.8 Վերլուծական եղանակով հաշված մակերեսի ճշտությունը

Եթե որեւէ եզրագծով սահմանափակված մակերեսի մեծությունը ստացված է անմիջապես դաշտային պայմաններում (իրականում) կատարված չափումների հիման վրա (5.1), ապա դրա հաշվարկման ճշտությունը կարելի է ստանալ՝ օգտվելով սխալների տեսության բանաձեւերից:

Սխալների տեսությունը հնարավորություն է տալիս նաեւ կիրառել հետեւյալ մոտեցումը:

Եռանկյան մակերեսը հավասար է՝

$$P = \frac{1}{2} ah$$

Ենթադրենք, մակերեսի իրական սխալը նշանակել ենք dP, եռանկյան կողմի սխալը՝ da, իսկ բարձրության սխալը՝ dh: Վերջին երկու սխալները թույլ են տրվել a եւ h մեծությունների միմյանցից անկախ չափելու ժամանակ: Նշված մեծությունների միջին քառակուսային սխալները նշանակենք՝ m_P, m_a, m_h: Այդ միջին քառակուսային սխալների միջեւ կապը գտնելու համար, ինչպես արդեն նշվել էր, անհրաժեշտ է սկզբից գտնել կապն իրական սխալների (dP, da, dh) միջեւ: Այդ նպատակով սկզբից լոգարիթմենք, այնուհետեւ դիֆերենցենք բերված հավասարումը՝

$$\ell nP = \ell na + \ell nh - \ell n2 \text{ եւ}$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{da}{a} + \frac{dh}{h}$$

Ստացված կապը իրական սխալների միջեւ ունի (2.32) ֆունկցիայի տեսք, որի համար միջին քառակուսային սխալների միջեւ կապը կարտահայտվի հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\left(\cdot\frac{m_P}{P}\right)^2 = \left(\cdot\frac{m_a}{a}\right)^2 + \left(\cdot\frac{m_h}{h}\right)^2 \qquad (5.29)$$

Նույն կապը հարաբերական սխալների միջեւ կստացվի քառակուսու եւ զուգահեռանիստի համար, եթե չափվել են դրանց հիմքերը եւ բարձրությունները, եւ սեղանի համար, եթե չափվել է դրա բարձրությունը եւ միջին գիծը:

Եթե ընդունենք, որ գծերի երկարությունները տեղամասի վրա չափվում են

$$\frac{m_a}{a} = \frac{m_h}{h} = \frac{1}{C}$$

հարաբերական սխալով, ապա՝

$$m_P = \frac{P}{C}\sqrt{2} \qquad (5.30)$$

Օրինակ, եթե P=100 հա, $\frac{1}{C} = \frac{1}{2000}$, ապա m_P=± 0,07 հա:

5.4.9 Գրաֆիկական եղանակով որոշված մակերեսի ճշտությունը

Երբ տեղամասը բաժանվում է պարզ ձեւեր ունեցող մասերի, օրինակ, եռանկյունների, ապա P մակերեսի $m_{P_Δ}$ միջին քառակուսային սխալը համաձայն (5.29) օրինաչափության կարելի է որոշել հետեւյալ բանաձեւով՝

$$m_{PΔ} = \frac{m}{2}\sqrt{a^2 + h^2} \qquad (5.31)$$

որտեղ m-ը հատակագծի վրա հատվածի որոշման միջին քառակուսային սխալն է: Կարելի է ընդունել, որ այդ սխալը կախված չէ գծի երկարությունից եւ $m_a = m_h = m$:

Քանի որ եռանկյան համար ah=2P, իսկ մնացած պատկերների համար (քառանկյուն, զուգահեռանիստի եւ սեղանի) ah=P, ապա այդ պատկերների համար՝

$$m_{P_◊} = m\sqrt{a^2 + h^2}$$

Եթե a=h, ապա եռանկյան համար՝

$$m_{P_Δ} = m\sqrt{p},$$

իսկ քառանկյան համար՝

$$m_{P_◊} = m\sqrt{2P}$$

Այսպիսով, գրաֆիկական եղանակով եռանկյան մակերեսը որոշվում է ավելի ճիշտ, քան քառանկյան եւ մյուս նշված պատկերների համար: Հետեւաբար, երբ մակերեսը բաժանվում է եռանկյունների, դրա որոշման ճշտությունը կլինի համեմատաբար բարձր:

Եթե մակերեսը հատակագծի վրա որոշվում է պալետների օգնությամբ, ապա չափման միջին քառակուսային սխալը որոշվում է հետեւյալ էմպիրիկ (փորձային) բանաձեւով՝

$$m_{Phш} = 0{,}025\frac{M}{10000}\sqrt{Phш}, \qquad (5.32)$$

որտեղ M-ը մասշտաբի հայտարարն է:

5.4.10 Թույլատրելի անկապքները մակերեսների գումարի մեջ

Վերահանդակների մակերեսների հաշվարկման ժամանակ անկապքներ են առաջանում, երբ առանձին պատկերների մակերեսների գումարը համեմատվում է ընդհանուր մակերեսի հետ: Դա տեղի է ունենում այն դեպքերում, երբ մակերեսները որոշվում են գրաֆիկական կամ մեխանիկական եղանակով: Եթե առանձին մակերեսները հաշվարկվում են վերլուծականորեն, սովորաբար անկապքների մեծությունը լինում է չնչին եւ հավասարակշռման անհրաժեշտություն չի առաջանում:

Երբ հատակագծի վրա եզրագծերով սահմանափակված մակերեսները որոշվում են գրաֆիկական եղանակով, առաջացած անկապքի մեծությունը պայմանավորված է թե՛ գումարվող մակերեսներից յուրաքանչյուրի մեջ եղած սխալներով, եւ թե՛ ընդհանուր եզրագծով սահմանափակված վերահանդակի մակերեսի սխալով: Եթե առանձին մակերեսների գումարը համեմատվում է ընդհանուր մակերեսի մեծության հետ, որը հաշվարկվել է վերլուծական ճանապարհով, ապա ընդհանուր մակերեսի սխալը պայմանավորված կլինի կոորդինատներով կազմված հատակագծի սխալով: Այդ սխալը որոշ մոտավորությամբ հավասար կլինի $m_P = m_t\sqrt{P}$, որտեղ m_t=± 0,2 մմ հատակագծի վրա կետի տեղադրման սխալն է դրա ուղղանկյուն կոորդինատների տվյալներով:

n թվով մակերեսների գումարի միջին քառակուսային սխալը հավասար է՝

$$m_{[P]} = m\sqrt{P_1 + P_2 + \ldots P_n} = m\sqrt{[P]}, \qquad (5.33)$$

որտեղ m=± 0,1 մմ՝ գծի չափման սխալն է հատակագծի վրա անկախ դրա երկարությունից:

Հետեւապես մակերեսների գումարի սխալը, որոնցից յուրաքանչյուրը չափվել է հատակագծի վրա գրաֆիկական եղանակով, կախված չի դրանց թվից, այլ կախված է միայն ընդհանուր մակերեսի մեծությունից:

Ընդհանուր մակերեսի սխալը, եթե այդ մակերեսը նույնպես որոշվում է գրաֆիկական եղանակով, արտահայտվում է՝

$$m_{P'} = \frac{m\sqrt{P}}{\sqrt{2}} \qquad (5.34)$$

եթե մակերեսը որոշվում է կրկնակի չափումներով:

Ընդունենք թույլատրելի անկապքը՝ f_P-ն, հավասար միջին քառակուսային սխալի կրկնակի մեծությանը, հետեւաբար՝

$$f_P^2 = \left(2m\sqrt{[P]}\right)^2 + \left(\frac{2}{\sqrt{2}}m\sqrt{P}\right)^2$$

Ընդունելով m=0,1 մմ (հատակագծի վրա) եւ համարելով, որ [P]=P համաձայն (5.26) բանաձեւի կստանանք՝

$$f_{Phա} = \pm 0{,}025\frac{M}{10000}\sqrt{Phա}$$

Եթե եզրագծերով սահմանափակված մակերեսները հավասարակշռվում են մի ընդհանուր մակերեսի մեջ, որը ստացված է վերլուծականորեն որպես սահմանափակող պոլիգոնի մակերես, ապա անհրաժեշտ է հաշվի առնել այն սխալները, որոնք առաջանում են, երբ պոլիգոնի գագաթները կառուցվում են ըստ իրենց կոորդինատների: Այս դեպքում f_P անկապքը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$f_P^2 = \left(2m\sqrt{[P]}\right)^2 + \left(2m_t'\sqrt{P}\right)^2$$

Համարելով, որ m_t'=0,2 մմ (կետի կառուցման սխալը հատակագծի վրա ըստ դրա կոորդինատների) m=0,1 մմ եւ [P]=P, կունենանք՝

$$f_{Phա} = \pm 0{,}04\frac{M}{10000}\sqrt{Phա}\ :$$

Վերը նշված բանաձեւերն արտածելուց ենթադրվում էր, որ այն պատկերները, որոնց մակերեսները որոշվել են գրաֆիկական եղանակով, ունեն ոչ մեծ ձգվածություն (ձգված պատկերների մակերեսները որոշվում են ավելի ցածր ճշտությամբ):

Ձգված մակերեսների դեպքում բերված բանաձեւերով հաշված անկապքները մեծացվում են $\sqrt{\frac{1+K^2}{2K}}$ անգամ, որտեղ K-ն պատկերի երկար կողմի հարաբերությունն է կարճ կողմին:

Անկապքները բաշխում են առանձին մակերեսների մեծություններին համեմատական:

Այն դեպքերում, երբ մակերեսները չափվում են պլանիմետրով, անկապքի վրա հիմնական ազդեցությունը թողնում է պլանիմետրի բաժանքի գնի որոշման սխալը: Այդ սխալը (դրա միջին քառակուսային մեծությունը) հավասար է 0,0009P, որտեղ P-ն չափվող մակերեսն է: Հաշվի առնելով, որ անկապքը հավասար է միջին քառակուսային սխալի կրկնակի մեծությանը, կլորացումից հետո կստանանք՝ f_P=0,002P: Այսպիսով հարաբերական թույլատրելի անկապքը սեկցիաների մակերեսների գումարի մեջ, երբ այդ գումարը համեմատվում է տեղամասի ընդհանուր մակերեսի հետ, ընդունվում է հավասար

$$\frac{f_P}{P} = \pm\frac{1}{500} \qquad (5.35)$$

Բերված թույլատրելի անկապքը չի համապատասխանում իրականությանն այն դեպքերում, երբ մակերեսը սահմանափակող սեղանը գտնվում է 6°-անոց զոնայի եզրում, երբ մակերեսների աղավաղումները հասնում են $\frac{P}{500}$: Այդ չափով սեղանի մակերեսը հատակագծի վրա ավելի մեծ է նույն

սեղանի մակերեսից Կրասովսկու էլիպսոիդի վրա: Սեղանի չափերը բերվում են հատուկ աղյուսակներում: Քանի որ աղավաղման մեծությունը տվյալ դեպքում միշտ ունի դրական նշան, իսկ սեկցիաների (հատվածամասերի) մակերեսների գումարը կարող է, թե՛ մեծ եւ թե՛ փոքր լինել ընդհանուր մակերեսի մեծությունից, ապա այս պատճառով $\Delta P = P\left(\frac{y}{R}\right)^2$ բանաձեւով հաշված աղավաղումը գումարում են նախնական անկապքի դրական եւ բացասական արժեքներին:

$$\frac{P}{500} + P\left(\frac{y}{R}\right)^2 \geq f_{թույլ} \geq -\frac{P}{500} + P\left(\frac{y}{R}\right)^2 \qquad (5.36)$$

Եթե եզրագծերով սահմանափակված մակերեսները, կամ սեկցիայի մակերեսը չափվել են պլանիմետրով, պլանիմետրի բաժանքի գնի միեւնույն արժեքի դեպքում թույլատրելի անկապքը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$f_{թույլ} = 0{,}7p\sqrt{n} + 0{,}03\frac{M}{10000}\sqrt{P}\quad (հա) \qquad (5.37)$$

Եթե տեղամասի մակերեսը որոշվում է վերլուծական եղանակով (բազմանկյան գագաթների կոորդինատներով), իսկ եզրագծերով սահմանափակված առանձին մակերեսները չափվում են պլանիմետրով, բաժանքի գնի սխալը ավելի մեծ չափով է ազդում անկապքի առաջացման վրա: Թույլատրելի անկապքը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$f_{թույլ} = 0{,}7p\sqrt{n} + 0{,}05\frac{M}{10000}\sqrt{P}\ \ հա \qquad (5.38)$$

Այդ բանաձեւերի մեջ՝

p -ն պլանիմետրի բաժանքի գինն է հեկտարներով,

n - ը եզրագծերով սահմանափակված մակերեսների թիվը,

M - ը թվային մասշտաբի հայտարարը,

P - ն հատվածամասի մակերեսը հեկտարներով:

Օրինակ: Քարտեզի մասշտաբն է 1:25000;

Հողակտորի մակերեսը P=6400հա,

p=0,5 հա, եզրագծով սահմանափակված

մակերեսների թիվը n=100.

Անկապքը՝

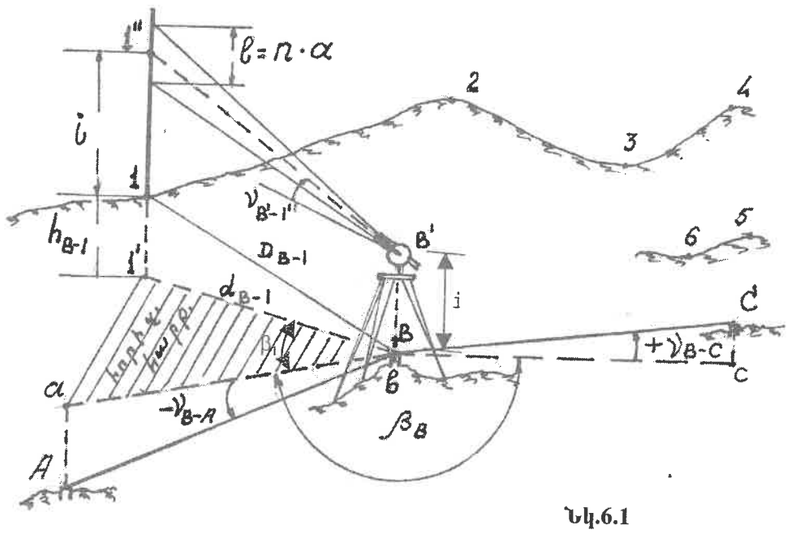
$$f_{թույլ} = 0{,}7\cdot 0{,}5\sqrt{100} + 0{,}05\frac{25000}{10000}\sqrt{6400} = \pm 13{,}5հա\ :$$

ԳԼՈՒԽ 6

ՏԱԽԵՈՄԵՏՐԱՅԻՆ ՀԱՆՈՒՅԹ

6.1 Տախեոմետրային հանույթի էությունը, դրա յուրահատկությունները եւ կիրառման բնագավառը

Տախեոմետրային հանույթը երկրի մակերեւույթի վրա կատարվող տեղագրական հանույթներից մեկն է: Այդ հանույթի ընթացքում տախեոմետր գործիքով միաժամանակ որոշվում են հանույթային ցանցի A, B, C գագաթների նկատմամբ տեղանքի բնորոշ կետերի թե՛ հատակագծային, եւ թե՛ բարձունքային դիրքը (նկ.6.1):



Նկ.6.1

Տախեոմետրիա բառը հունարենից թարգմանված նշանակում է արագաչափում:

Հանույթային ցանցի գագաթները՝ A ,B, C..., որոնցում տեղակայվում է գործիքը հանույթի ժամանակ, անվանում են կայաններ, մնացած կետերը՝ 1, 2, 3..., որտեղ կանգնեցվում է ձողաքանոնը, անվանում են հանույթային պիկետներ (ցցանիշեր): Ձողաքանոնը, որի երկարությունը 3 կամ 4 մետր է, բաժանված է սանտիմետրանոց բաժանքների (նկ.6.5ա,բ):

Ենթադրենք, որ գործիքը տեղակայված է B կայանում, իսկ ձողաքանոնը՝ պիկետային 1 կետի վրա: Ընդունելով B կետը որպես բեւեռ, իսկ BA կամ BC ուղղությունը՝ որպես ելման (կողմնորոշող, զրոյական), հորիզոնական շրջանի վրա չափում են β_1 անկյունը, իսկ ուղղագիծ շրջանի օգնությամբ՝ $\nu_{B'1''}$ անկյունը: Վերջապես, ձողաքանոնի վրա որոշում են երկու հեռաչափական թելիկների միջեւ տեղավորված սանտիմետրանոց բաժանքների թիվը՝ n –ը: Ստացված չափման տվյալների համաձայն ($\nu_{B'1''}$ եւ n) հաշվարկում են B –1 գծի B-1' հորիզոնական պրոյեկցիան՝ d_{B-1}, եւ 1 կետի վերազանցումը B կետի նկատմամբ՝ h_{B-1}: Վերազանցումները որոշելու համար օգտվում են եռանկյունաչափական մակարդակաչափման եւ դրանից բխող տախեոմետրային բանաձեւերից:

Համարենք, որ հատակագծի վրա արդեն տեղադրված են հանույթային ցանցի A, B, C ... գագաթների հորիզոնական պրոյեկցիաները՝ a, b, c: Համարենք նաեւ, որ այդ գագաթների բացարձակ բարձրությունները՝ H_A , H_B , H_C ..., նախապես որոշված են երկրաչափական մակարդակաչափման մեթոդով (գլուխ 7): Այդ դեպքում պիկետային 1 կետի դիրքը հատակագծի վրա եւ դրա նիշը՝ H_1-ը , գտնում են հետեւյալ ձեւով: Փոխադրիչի օգնությամբ ba գծի նկատմամբ կառուցում են β_1 հորիզոնական անկյունը եւ ստացված ուղղության վրա մասշտաբով տեղադրում են d_{B-1} երկարությունը: 1' կետը կներկայացնի պիկետային 1 կետի դիրքը հատակագծի վրա: Այդ կետի նիշը՝ H_1-ը, ստանալու համար B կետի նիշին գումարում են h_{B-1} վերազանցումն իր նշանով՝ $H_1 = H_B + h_{B-1}$: Նկարագրված ճանապարհով որոշում են B կետի շուրջը ընտրված բոլոր պիկետային կետերի հատակագծային դիրքը եւ դրանց նիշերը, որից հետո հորիզոնականների օգնությամբ արտահայտում են ռելիեֆը (1.14):

Տախեոմետրային հանույթի ընթացքում յուրաքանչյուր կայանում տվյալները գրանցում են հատուկ մատյանում (աղ.6.7): Միեւնույն ժամանակ գծագրում են ուրվանկար, որը կոչվում է կրոկի: Ի տարբերություն թեոդոլիտային հանույթի ժամանակ գծագրվող աբրիսից, կրոկների վրա, հաճախ բացի իրաղրությունից, մոտավորապես արտահայտում են նաեւ ռելիեֆը (նկ.6.10, 6.11):

Տախեոմետրային հանույթը հատկապես կիրառվում է այն դեպքերում, երբ դաշտային աշխատանքները անհրաժեշտ է ավարտել կարճ ժամկետում, օրինակ, երբ եղանակի բարենպաստ պայմանները կարճատեւ են: Աշխատում են հնարավոր չափով շատ դաշտային նյութեր հավաքել, որպեսզի եղանակի ոչ բարենպաստ պայմաններում կատարեն դաշտային չափումների արդյունքների մշակումը:

Տախեոմետրային հանույթը հիմնական հանույթն է ոչ մեծ հողակտորների տեղագրական հատակագծեր ստանալու համար՝ 1:5000 կամ ավելի խոշոր մասշտաբներով: Դա կիրառում են նաեւ ռելիեֆը հանույթելու համար այն տարածքների վրա, որոնք ծածկված են հորիզոնական հանույթով:

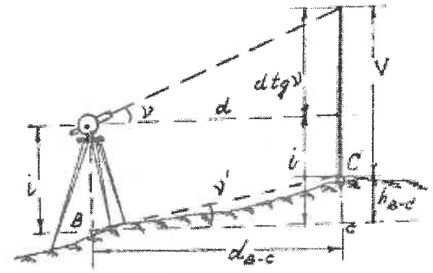
Տախեոմետրային հանույթը կատարվում է բոլոր տեսակի ճարտարագիտական հետախուզումների ժամանակ՝ ճանապարհներ, երկաթգծեր, ջրանցքներ եւ այլ գծային կառույցներ իրագործելիս:

Որպես բացասական կարելի է նշել այն հանգամանքը, որ հանույթի արդյունքներով սեյսմիկական պայմաններում հատակագծեր կառուցելիս հնարավորություն չի լինում համեմատել ստացված գծագիրը տեղանքի հետ, որի պատճառով կարող են լինել վրիպումներ եւ բացթողումներ ռելիեֆի եւ իրադրության արտահայտման մեջ: Դրանից խուսափելու համար անհրաժեշտ է ուշադիր լինել կրոկները կառուցելիս:

6.2 Եռանկյունաչափական մակարդակաչափում (մակարդակաչափում թեք ճառագայթի օգնությամբ)

Եռանկյունաչափական մակարդակաչափումը կիրառվում է տախեոմետրային եւ մենզուլային (գլուխ 10) հանույթների ժամանակ: Բացի դրանից այդ մեթոդով որոշում են կետերի վերազանցումները բարձունքային ցանցեր ստեղծելիս, երբ կետերի միջեւ հեռավորությունները տատանվում են մի քանի հարյուր մետրից մինչեւ մի քանի կիլոմետր:

Ենթադրենք, անհրաժեշտ է որոշել h_{BC} վերազանցումը: Կետերից մեկի վրա, օրինակ, B կետի վրա, տեղակայում են թեոդոլիտը, իսկ C կետի վրա՝ ձողաքանոնը կամ նշածողը (նկ.6.2): Մեծ հեռավորությունների (կիլոմետրերի) դեպքում նշածողերի փոխարեն օգտագործում են հատուկ բուրգերի վերին մասում ամրացված գլաններ (նկ.4.4), իսկ տախեոմետրային կամ մենզուլային հանույթների ժամանակ օգտվում են հատուկ ձողաքանոններից, կամ այն ձողաքանոններից, որոնք օգտագործվում են



Նկ.6.2

երկրաչափական մակարդակաչափման համար: Այդպիսի ձողաքանոնները թույլատրվում է օգտագործել մինչեւ 300 մ հեռավորության վրա: Դրանց երկու կողմերի վրա կարմիր եւ սեւ գույներով արված են սանտիմետրանոց բաժանքներ:

Ենթադրենք, C կետում տեղադրված նշանի բարձրությունը հավասար է V-ի եւ հայտնի է BC գծի հորիզոնական $d_{B\text{-}C}$ պրոյեկցիան: Դա կարող է որոշվել թելային հեռաչափով, եթե B եւ C կետերի միջեւ հեռավորությունը չի գերազանցում 300 մետրը: Եթե հայտնի են B եւ C կետերի ուղղանկյուն կոորդինատները, ապա կարելի է հաշվարկել $d_{B\text{-}C}$ մեծությունը՝ լուծելով գեոդեզիական հակադարձ խնդիր: Եթե B եւ C կետերը գոյություն ունեն հատակագծի կամ քարտեզի վրա, $d_{B\text{-}C}$-ն կարելի է որոշել՝ օգտվելով մասշտաբից: Վերջապես կարելի է օգտվել $d_{B\text{-}C}=D_{B\text{-}C}\cos\nu'$ բանաձեւից, որտեղ $D_{B\text{-}C}$-ն չափվում է ժապավենով կամ օպտիկական հեռաչափով:

Տախեոմետրը աշխատանքային դրության բերելուց հետո չափերիզով չափում են գործիքի i բարձրությունը B կետից մինչեւ դիտակի պտտման առանցքը, որից հետո դիտակը ուղղում են C կետում տեղակայված նշածողի որոշակի կետի վրա: Մեծ հեռավորությունների դեպքում (300 մ-ից մեծ) ուղղումը կատարում են ծողի վերին ծայրին կամ բուրգի գագաթին: Սովորաբար, երբ կիրառում են ծողաքանոններ, ինչպես, օրինակ, տախեոմետրային հանույթի ժամանակ, ուղղումը կատարում են կամ նշանի ծայրին, կամ ծողաքանոնի վրա նշված գործիքի i բարձրությանը, որը նախապես ֆիքսվում է նեղ ժապավենի օգնությամբ (նկ.6.1):

Եթե դիտողային առանցքը ուղղված է նշածողի ծայրին եւ կազմում է հորիզոնական հարթության հետ թեքության անկյուն՝ ν, ապա եռանկյունաչափական մակարդակաչափման բանաձեւը կունենա հետեւյալ տեսքը (նկ.6.2)՝

$$h_{B\text{-}C} = d_{B\text{-}C}\cdot \operatorname{tg}\nu + i - v, \qquad (6.1)$$

որը բխում է հետեւյալ հավասարումից՝

$$h_{B\text{-}C} + v = d_{B\text{-}C}\cdot \operatorname{tg}\nu + i$$

$d\cdot\operatorname{tg}\nu$ արտահայտությունը հաշվարկում են մանրահաշվիչով, կամ որոշում են հատուկ աղյուսակներով, որոնք կոչվում են վերազանցումների աղյուսակներ:

Եթե գործիքի դիտողային առանցքը ուղղված է ծողի վրա նախապես նշված գործիքի i բարձրությանը, ապա նշանակում է, որ v=i, եւ այս դեպքում (6.1) բանաձեւը կընդունի հետեւյալ տեսքը՝

$$h_{B\text{-}C} = d_{B\text{-}C}\cdot \operatorname{tg}\nu \qquad (6.2)$$

Ստացված (6.1) եւ (6.2) բանաձեւերը կիրառվում են այն դեպքերում, երբ $d \le 300$ մետրից: Մյուս դեպքերում անհրաժեշտ է լինում բանաձեւը (6.1) ճշտել՝ լրացնելով այն երկրագնդի կորությունը եւ լուսաբեկման երեւույթը հաշվի առնող անդամներով:

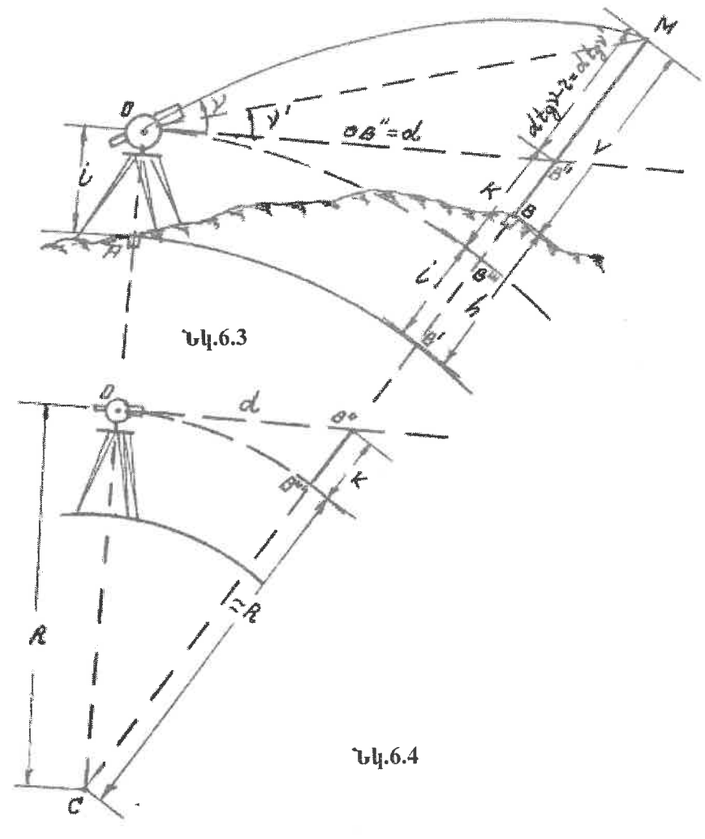
6.3 Երկրագնդի կորության եւ լուսաբեկման (ռեֆրակցիայի) ազդեցությունը

Գծագրից (նկ.6.3) երեւում է, որ դիտակից դուրս եկող դիտողային ճառագայթը (ցույց է տրված հոծ գծով) ուղիղ գիծ չէ, դա ունի կորություն, որի պատճառը օդի շերտերի խտության նվազումն է ըստ բարձրության: Այդ կորը անվանում են լուսաբեկման կոր, իսկ երեւույթը՝ լուսաբեկում (ռեֆրակցիա): Լուսաբեկման պատճառով 0 կետից M կետի վրա դիտողային առանցքը ուղղելու համար անհրաժեշտ է դա բարձրացնել մի քիչ ավել, քան լուսաբեկման բացակայության դեպքում: Ուրիշ խոսքով, ուղղածիգ շրջանի օգնությամբ չափված ν անկյունը ավելի մեծ կլինի ν' անկյունից, որը մտնում է (6.1) բանաձեւի մեջ, եւ այդ բանաձեւից հաշված $d\cdot\operatorname{tg}\nu$ արտադրյալը կպարունակի սխալ: Ուստի անհրաժեշտ է այն պակասեցնել որոշակի r մեծությունով, որը կոչվում է ուղղում լուսաբեկման պատճառով: Արդյունքում B"M հատվածը (նկ.6.3) հավասար կլինի $B''M = d\operatorname{tg}\nu - r$, եթե համարենք՝ $\angle OB''M \approx 90^\circ$:

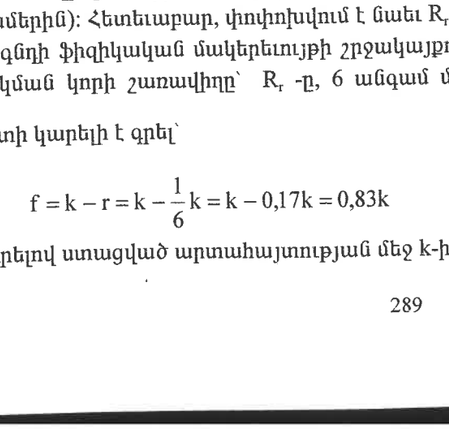
Լուսաբեկման պատճառով առաջացած r ուղղումից բացի անհրաժեշտ է հաշվի առնել երկրի կորության շնորհիվ առաջացող K ուղղումը: 0 կետից տարած OB" հորիզոնական գիծը կհեռանա 0 կետով անցնող OB"' մակարդակային մակերեւույթից B"B"'= K հատվածով, որը կարտահայտի երկրի կորության ազդեցությունը: Գծագրից բխում է (նկ.6.3), որ՝

$d\cdot\operatorname{tg}\nu - r + k + i = h + v$, որտեղից՝

$$h = d\cdot\operatorname{tg}\nu + i - v + k - r \qquad (6.3)$$



Նկ.6.3



Նկ.6.4

Նշանակելով $k - r = f$ եւ անվանելով f-ը՝ ուղղում երկրի կորության եւ լուսաբեկման համար, կունենանք՝

$$h = d\cdot\operatorname{tg}\nu + i - v + f \qquad (6.4)$$

Եռանկյուն COB"-ից բխում է (նկ.6.4), (նկ.1.9, § 1.7)՝

$$K = \frac{d^2}{2R}$$

Օրինակ: Եթե d=1000 մ (R=6471 կմ) , $K \approx 8$ սմ (անտեսված է A կետի բացարձակ բարձրությունը):

Ինչպես տեսնում ենք, երկրի կորության ազդեցությունը որոշվում է պարզ եւ հստակ բանաձեւով: Սակայն նույնը չի կարելի ասել լուսաբեկման ազդեցության մասին:

Եթե հայտնի լիներ լուսաբեկման կորի R_r շառավիղը, ապա r մեծությունը կորոշվեր բերված բանաձեւով: Սակայն բազմաթիվ հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ լուսաբեկման կորը փոփոխվում է օդի խտության փոփոխման հետ միասին (տարվա տարբեր ամիսներին եւ օրվա տարբեր ժամերին): Հետեւաբար, փոփոխվում է նաեւ R_r մեծությունը:

Երկրագնդի ֆիզիկական մակերեւույթի շրջակայքում (2 մետրից բարձր) ընդունված է համարել, որ լուսաբեկման կորի շառավիղը՝ R_r-ը, 6 անգամ մեծ է երկրագնդի R շառավղից, հետեւաբար, $r = \frac{k}{6}$: Ուստի կարելի է գրել՝

$$f = k - r = k - \frac{1}{6}k = k - 0{,}17k = 0{,}83k \qquad (6.5)$$

Տեղադրելով ստացված արտահայտության մեջ k-ի արժեքը՝ կստանանք՝

$$f = 0{,}83\frac{d^2}{2R} \approx 0{,}42\frac{d^2}{R} \qquad (6.6)$$

Եռանկյունաչափական մակարդակաչափման արդյունքները մշակելիս հ վերազանցումները հաշվարկում են՝ կլորացնելով դրանք մինչեւ 0,01 մ: Այս պատճառով f ուղղումը հաշվի են առնում միայն այն դեպքերում, երբ d հեռավորությունը գերազանցում է 300 մետրը: Օրինակ՝ d=300 մ դեպքում f≈0,006 (աղյուսակ 6.1):

Աղյուսակ 6.1

d_δ	f_δ	d_δ	f_δ
100	0.0007	2000	0.264
200	0.003	3000	0.594
300	0.006	4000	1.079
400	0.011	5000	1.687
1000	0.066	10000	6.749

6.4 Տախեոմետրային բանաձեւեր

Ինչպես արդեն նշվել էր, տախեոմետրային հանույթի ժամանակ կայանից մինչեւ պիկետային կետերը եղած հեռավորությունները որոշվում են թելային հեռաչափով (3.5.6.2)՝ օգտվելով $d = (kl + C)\cos^2 \nu$ բանաձեւից:

Եթե այդ արտահայտությունը տեղադրենք եռանկյունաչափական մակարդակաչափման բանաձեւի մեջ (6.4), կստանանք տախեոմետրային հանույթի բանաձեւը՝

$$h = d \cdot tg\nu + i - v + f = (kl + C)Cos^2\nu \cdot tg\nu + i - v + f =$$
$$= (kl + C)Sin\nu Cos\nu + i - v + f \qquad (6.7)$$
$$h = \frac{1}{2}(kl + C)Sin2\nu + i - v + f$$

Քանի որ ճարտարագիտական կառուցվածքներ իրագործելիս գեոդեզիական հանույթները կատարվում են խոշոր մասշտաբներով (1:500÷1:5000), երբ D հեռավորությունները չեն գերազանցում 300 մետրը, ապա f ուղղումը ռելիեֆի հանույթի ժամանակ կարելի է անտեսել: Նշված դեպքում (6.7) բանաձեւը կունենա հետեւյալ տեսքը՝

$$h = \frac{1}{2}(kl + C)Sin2\nu + i - v \qquad (6.8)$$

Ժամանակակից գործիքների դիտակները ներքին ֆոկուսացումով են, ուստի դրանց համար կարելի է համարել $C = 0$, եւ բանաձեւը (6.8) կընդունի ավելի պարզ տեսք՝

$$h = \frac{1}{2}kl \cdot Sin2\nu + i - v \qquad (6.9)$$

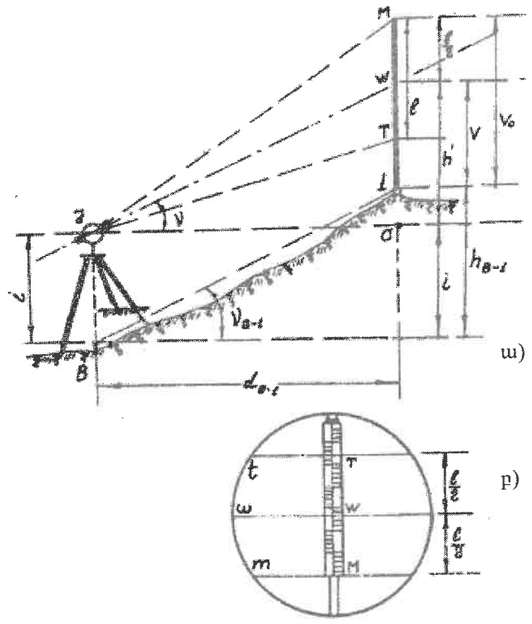
Այս բանաձեւը համապատասխանում է այն դեպքին, երբ դիտակի դիտոցային առանցքն ուղղված է կամ ծողաքանոնի ծայրին , եւ ν մեծությունը հավասար է ծողաքանոնի V_0 երկարությանը (3 կամ 4 մ), կամ դա անցնում է W կետով, եւ ν մեծությունը հավասար է W 1 հատվածին (նկ.6.5ա):

Այս վերջին դեպքում ν մեծությունը որոշելու համար ծողաքանոնի վրա հաշվանք են կարդում ցանցաթելերի միջին թելիկով:

Ստացված (6.9) բանաձեւը կարելի է ավելի պարզեցնել, եթե տախեոմետրային հանույթի ժամանակ նախապես նշել ծողաքանոնի վրա գործիքի i բարձրությանը համապատասխանող տեղը եւ դիտոցային առանցքը տվյալ կայանում միշտ ուղղել նույն կետին: Այս դեպքում (6.9) բանաձեւի մեջ v-ն հավասար կլինի i մեծությանը եւ կունենանք՝

$$h = \frac{1}{2}kl \cdot Sin2\nu \qquad (6.10)$$

Սա գործնականում տարածված դեպք է, սակայն ունի նաեւ թերություն: Ամեն մի կայանում անհրաժեշտ է նախապես նշել ծողաքանոնի վրա գործիքի բարձրությունը՝ i-ն: Եթե հեռաչափի K գործա-



ա)

բ)

Նկ.6.5

կիցը հավասար է 100-ի , ապա բանաձեւը (6.10) ստանում է հետեւյալ տեսքը՝

$$h = \frac{1}{2}n \cdot Sin2\nu \text{ մետր,} \qquad (6.11)$$

քանի որ $k \cdot \ell = k \cdot n \cdot a$ սմ = 100·n սմ = n մ, եթե a=1 սմ:

Ուստի յուրաքանչյուր սանտիմետրանոց բաժանքը ծողաքանոնի վրա տարածության մեջ կհամապատասխանի 1 մ-ի:

Եթե k գործակիցը հավասար լինի 98-ի, ապա (6.11) բանաձեւը կընդունի հետեւյալ տեսքը՝

$$h = \frac{1}{2}0{,}98 \cdot n \cdot Sin2\nu \text{ մետր,}$$

ներքին ֆոկուսացումով դիտակների համար՝ $h = \frac{1}{2}(n_մ + \Delta_մ)Sin2\nu$ (3.6.5.1)

n-ի արժեքը որոշելու համար կարելի է կարդալ հաշվանքներ ներքեւի եւ վերեւի հեռաչափական թելիկներով եւ դրանց տարբերությունն արտահայտել սանտիմետրերով:

Եթե դիտակի դիտոցային առանցքը չեն ուղղում գործիքի բարձրությանը, ապա կայանում հանույթի ժամանակ գործողությունները արվում են հետեւյալ հաջորդականությամբ:

β_1 անկյունը չափելու համար (նկ.6.1) ցանցաթելերի ուղղաձիգ թելիկն ուղղում են ծողաքանոնի առանցքի վրա եւ միաժամանակ ներքեւի թելիկը՝ m-ը (նկ.6.5բ), ուղղում են ծողաքանոնի ծայրին, դրանով ուղղումը վերջանում է: Կարդալով վերեւի t թելիկով հաշվանքը՝ որոշում են երկու թելիկների միջեւ եղած սանտիմետրանոց բաժանքների քիվը՝ n-ը: Այնուհետեւ ուղղաձիգ շրջանի վրա կարդում են հաշվանք՝ ν անկյունը ստանալու համար: Այդ անկյունը կարտահայտի դիտոցային առանցքի թեքության անկյունը, երբ դիտակի ω ցանցաթելը ուղղված է ծողաքանոնի W հաշվանքին, որը 1 կետից գտնվում է V բարձրության վրա՝ W1=V (նկ.6.5ա): Այդ հաշվանքը, ինչպես եւ գործիքի i բարձրությունը, անհրաժեշտ է արտահայտել մետրերով (6.9) բանաձեւի մեջ տեղադրելու համար, որը ներքին ֆոկուսացումով դիտակների համար կընդունի հետեւյալ տեսքը՝

$$h = \frac{1}{2} \cdot (n_մ + \Delta_մ)Sin2\nu + i - v \qquad (6.12)$$

6.5 Եռանկյունաչափական մակարդակաչափման ճշտությունը տախեոմետրային հանույթի ժամանակ

Տախեոմետրային բանաձեւը (6.8) կարելի է ներկայացնել հետեւյալ տեսքով՝

$$h = \frac{1}{2} D \cdot \mathrm{Sin}2\nu + i - v + f, \qquad (6.8')$$

որտեղ $D=k\ell+c$ արտահայտում է, որոշ մոտավորությամբ, դիտոցային ճառագայթի երկարությունը՝ $D_{B\text{-}1}$ (նկ.6.1): Այդ բանաձեւից բխում է, որ h վերազանցման ճշտությունը կախված է f, v, i, ν եւ D մեծությունների չափման ճշտությունից: h վերազանցումը հաշվարկելիս կլորացումը կատարում են սանտիմետրի ճշտությամբ: Եթե գործիքից մինչեւ ձողաքանոնը եղած հեռավորությունը հանույթի ժամանակ չի գերազանցում 300 մետրը, ապա f ուղղումը 1 սմ-ից փոքր կլինի, ուստի բանաձեւի մեջ այն կարելի է անտեսել: i եւ ν մեծությունները հնարավոր է չափել մի քանի միլիմետրի ճշտությամբ, ուստի կարելի է համարել, որ դրանց որոշման սխալները չնչին են: Այսպիսով, որպես սխալների հիմնական աղբյուրներ, կմնան ν եւ D մեծությունները, որոնց չափման m_ν եւ m_D միջին քառակուսային սխալներից կախված կլինի h վերազանցման m_h միջին քառակուսային սխալը:

Նշված սխալների միջեւ կապը համաձայն (6.10) բանաձեւի, որը դիտարկվող դեպքում փոխարինվում է $h=\frac{1}{2}D\sin2\nu$ բանաձեւով, կունենա հետեւյալ տեսքը (§ 2.4)՝

$$m_h^2 = \left(\frac{\partial h}{\partial D}\right)^2 \cdot m_D^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial \nu}\right)^2 \cdot m_\nu^2, \quad \text{կամ}$$

$$m_h^2 = \left(\frac{1}{2}\mathrm{Sin}2\nu\right)^2 \cdot m_D^2 + \left(D \cdot \mathrm{Cos}2\nu\right)^2 \cdot \left(\frac{m_\nu}{\rho}\right)^2 \qquad (6.13)$$

Քանի որ $h=\frac{D}{2}\cdot \mathrm{Sin}2\nu$, բանաձեւից ստացվում է, որ $\frac{1}{2}\mathrm{Sin}2\nu=\frac{h}{D}$, իսկ փոքր անկյունների դեպքում՝ $\mathrm{Cos}2\nu\approx1$, ուստի (6.13) բանաձեւը կարելի է ներկայացնել հետեւյալ պարզեցված տեսքով՝

$$m_h^2 = h^2\left(\frac{m_D}{D}\right)^2 + D^2\left(\frac{m_\nu}{\rho}\right)^2 \qquad (6.14)$$

Ստացված բանաձեւով կարելի է հաշվարկել m_h միջին քառակուսային սխալը: Եթե m_ν -ն արտահայտված է րոպեներով, $\rho\approx3438'$:

Եթե թեքության ν անկյունները 2^0-ից փոքր լինեն, ապա (6.13) բանաձեւը կարելի է էլ ավելի պարզեցնել՝ ընդունելով $\mathrm{Sin}2\nu=0$: Այս դեպքում կունենանք՝

$$m_h = D \cdot \frac{m_\nu}{\rho} \qquad (6.15)$$

Այս բանաձեւից բխում է, որ եռանկյունաչափական մակարդակաչափման ճշտությունը բարձրացնելու համար (m_h-ը փոքրացնելու համար) անհրաժեշտ է կարճացնել մակարդակաչափվող կետերի միջեւ D հեռավորությունը տվյալ m_ν թեքության անկյան չափման սխալի դեպքում:

Կայանների (A, B, C…) միջեւ (նկ.6.1) եռանկյունաչափական մակարդակաչափումը կատարելիս յուրաքանչյուր երկու կետերի վերազանցումը պարտադիր կերպով կրկնակի չափվում է՝ ուղիղ եւ հակադարձ ուղղությամբ: A կետից դեպի B կետը շարժվելիս վերազանցումը նշանակում են $h_{A\text{-}B}$ (կամ $h_{ուղիղ}$), իսկ B կետից A կետը՝ $h_{B\text{-}A}$, կամ $h_{հակադարձ}$: Ստանալով երկու արժեքներ միեւնույն վերազանցման համար՝ կարող ենք ստուգել չափումների ճշտությունը, գտնելով $d=|h_{ու}|-|h_{հակ}|$ վերազանցումների բացարձակ արժեքների տարբերությունը եւ համեմատելով այն թույլատրելի սխալի հետ: Դրանից հետո կարող ենք որոշել $h_{միջին}$-ը, եթե d-ն թույլատրելի է: $h_{միջ.}=(|h_{ու}|+|h_{հակ}|)/2$, որի ճշտությունը $\sqrt{2}$ անգամ բարձր կլինի $h_{ու}$-ից կամ $h_{հակ.}$-ից (§ 2.4): Միջին թվաբանականի նշանն ընդունում են հավասար ընթացքի ուղղությամբ ստացված վերազանցման նշանին ($h_{ուղիղ}$):

Եթե ուղիղ կամ հակադարձ վերազանցման միջին քառակուսային սխալը նշանակենք m_h, ապա d տարբերության սխալը հավասար կլինի՝

$$m_d = m_h\sqrt{2} = D \cdot \frac{m_\nu}{\rho} \cdot \sqrt{2} \quad (\text{երբ } \nu \le 2^0)$$

Եթե սահմանային սխալը՝ Δd-ն, ընդունենք հավասար $\Delta d=2m_d$, ուստի՝

$$\Delta d = 2m_d = 2\sqrt{2} \cdot D \cdot \frac{m_\nu}{\rho} \qquad (6.16)$$

Եթե ν անկյունը չափված է $m_\nu=0{,}5'$ ճշտությամբ, ապա՝ $\frac{m_\nu}{\rho} \approx \frac{1}{7000}$ եւ $\Delta d = \frac{3}{7000} \cdot D$

Եթե D=100 մ, $\Delta d\approx4$ սմ, ուստի կարելի է գրել՝

$$\Delta d = 4\ \text{սմ} \cdot \frac{D}{100}\ \text{մ}, \qquad (6.17)$$

այսինքն, դիտարկվող դեպքում ուղիղ եւ հակադարձ վերազանցումները բացարձակ արժեքով չպետք է տարբերվեն միմյանցից ավելի, քան 4 սանտիմետրով՝ յուրաքանչյուր 100 մետր հեռավորության համար:

Այսպիսով, A, B, C…(նկ.6.1) հանույթային ցանցի երկու հարեւան կայանների վերազանցումների տարբերությունը չպետք է Δd թույլատրելի մեծությունից ավել լինի: Այս դեպքում, ինչպես արդեն ասվել էր, որոշում են $h_{միջին}$-ը, որի միջին քառակուսային սխալը՝ $m_{hմ}$-ն, կլինի $\sqrt{2}$ անգամ փոքր ուղիղ կամ հակադարձ ($h_{ու}$, $h_{հակ.}$) վերազանցումների m_h միջին քառակուսային սխալից՝

$$m_{h\ միջ.} = \frac{m_h}{\sqrt{2}}$$

Միջին վերազանցումների գումարը ընթացքի (A, B, C…) ուղղությամբ (նկ.6.1) եւ դրա միջին քառակուսային սխալը կորոշվեն հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$\sum h_{միջ} = h_{1միջ.} + h_{2միջ.} + \ldots + h_{nմիջ.}$$

$$m_{\sum hմիջ} = m_{hմիջ.} \cdot \sqrt{n} = \frac{m_h \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{2}} \qquad (6.18)$$

Սահմանային սխալը ստանալու համար պետք է ընդունենք միջին քառակուսային եւ սահմանային սխալների միջեւ հարաբերությունը: Այս դեպքում ընդունված է համարել, որ $\Delta_{\sum hմ}=\text{սահմ.}f_h=3m_{\sum hմիջ}$, այսինքն՝

$$\Delta_{\sum hմիջ.} = 3m_{\sum hմիջ.} = 3 \cdot \frac{m_h \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{2}},$$

կամ, հաշվի առնելով (6.15) արտահայտությունը՝

$$\Delta_{\sum hմիջ.} = \frac{3 \cdot D \cdot m_\nu \sqrt{n}}{\rho \cdot \sqrt{2}} \qquad (6.19)$$

Բազմապատկելով համարիչը եւ հայտարարը $\sqrt{n}$ -ով, կունենանք՝

$$\Delta_{\sum hմիջ} = \frac{3 \cdot D \cdot n \cdot m_\nu}{\rho \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{n}} \qquad (6.19')$$

Ստացված արտահայտության մեջ D·n արտադրյալը կարող ենք ընդունել որպես ընթացքի պարագիծ, համարելով, որ D մեծությունը հարեւան կայանների միջեւ միջին հեռավորությունն է՝ $D\cdot n=P$ եւ $D=\frac{P}{n}$: Հետեւաբար՝

$$\Delta_{\sum hմիջ.} = \text{սահմանային } f_h = \frac{3 \cdot P \cdot m_\nu}{\rho \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{n}} \qquad (6.20)$$

Եթե թեքության անկյունները չափվել են $m_\nu=0{,}5'$ միջին քառակուսային սխալով, ապա՝

$$\text{սահմանային } f_h = \frac{0{,}03 \cdot P}{\sqrt{n}} = 0{,}03\,\frac{P}{n}\sqrt{n} = 0{,}03 D_{միջ.}\sqrt{n}\ \text{սմ} \qquad (6.21)$$

Ստացված արտահայտությունների մեջ պարագիծը՝ P-ն, եւ գծի միջին երկարությունը՝ $D_{միջ}$-ը, տեղադրվում են մետրերով:

Հրահանգներում (6.21) բանաձեւի մեջ 0,03 գործակցի փոխարեն դրվում է ավելի մեծ թիվ՝ 0,04, այսինքն, սահմանային f_h անկապքը ավելի մեծ է թույլատրվում: Դա պայմանավորված է նրանով, որ մեր դատողությունները վերաբերում են համեմատաբար փոքր թեքության ν անկյուններին եւ պարզեցված (6.15) բանաձեւին:

Իրականում ազդեցություն է գործում (6.14) բանաձեւի նաեւ առաջին մասը, որի մեջ մտնում է D երկարություն ունեցող գծի չափման հարաբերական սխալը՝ $\frac{m_D}{D}$:

Եթե հանույթային ցանցի կայանների միջեւ D հեռավորությունները չափվում են թելային հեռաչափով (այդպիսի ընթացքները անվանում են արագաչափական), ապա կարելի է ընդունել $\frac{m_D}{D}=\frac{1}{400}$ հետեւյալ պայմանների առկայության դեպքում: Հեռավորությունները թելային հեռա չափով չափվել են երկկողմանի ձողաքանոններով՝ ուղիղ եւ հակադարձ ուղղություններով եւ վերցվել է ստացված 4 տվյալների միջինը: Եթե օգտագործվում են միակողմանի ձողաքանոններ, ապա անհրաժեշտ է յուրաքանչյուր կետի վրա դիտումը կատարել կրկնակի: Եթե գծերի երկարությունները 200 մետրից ավել են, անհրաժեշտ է չափումը կատարել՝ բաժանելով գիծը մասերի: Ենթադրվում է, որ գործիքի դիտակի խոշորացումը 25-ից պակաս չէ: Ասվածը վերաբերում է ընթացքի կողմերին: Պիկետային կետերի հեռավորությունները կայաններից որոշվում են ձողաքանոնների մեկ կողմով՝ 1:200 հարաբերական սխալով:

Եթե ընթացքի կողմերի երկարությունները չափվում են ոչ թե թելային, այլ օպտիկական հեռաչափով կամ ժապավենով (այդպիսի ընթացքներն անվանում են բարձունքային թեոդոլիտային ընթացքներ), սահմանային հարաբերական սխալն ընդունում են հավասար 1:2000-ի:

6.6. Տախեոմետրային հանույթի կատարումը

Տախեոմետրային աշխատանքների մեջ մտնում են.

1. հանույթային ցանցի ստեղծումը;
2. իրադրության եւ ռելիեֆի հանույթը;
3. հատակագծի կառուցումը:

Որպես կայաններ տախեոմետրային հանույթի ժամանակ ծառայում են եռանկյունավորման, տրիլատերացիայի, բազմանկյունաչափության կետերը, որոնք լրացվում են, անհրաժեշտության դեպքում, լրացուցիչ կետերով: Հանույթային ցանցի կայանների թիվը ընտրելիս կարելի է ղեկավարվել (4.5.1)-ում բերված տվյալներով: Ըստ ձեռնարկի [29] խորհուրդ է տրվում որպեսզի հանույթվող կետերի թիվը լինի ոչ պակաս աղյուսակ 6.2-ում բերված թույլտվածքներից: Այդ կետերը պետք է հավասարաչափ ծածկեն հանույթվող մակերեսը:

Եթե եղած հանույթային ցանցերը չեն բավարարում աղյուսակում նշված պահանջներին, կատարում են դրանց խտացումը: Այն լրացուցիչ հանույթային ընթացքները, որոնց գագաթները պետք է ծառայեն միաժամանակ եւ՛ հորիզոնական, եւ՛ ուղղաձիգ հանույթների համար, կարող են ստեղծվել՝

1. որպես թեոդոլիտային-մակարդակաչափային ընթացքներ՝ կառուցապատված տարածքների տախեոմետրային հանույթ կատարելու համար,
2. որպես թեոդոլիտային, բարձունքային եւ տախեոմետրային ընթացքներ՝ մնացած դեպքերում:

Աղյուսակ 6.2

Մասշտաբ	հանույթվող կետերի նվազագույն թիվը			
	հստակ եզրագծեր		ոչ հստակ եզրագծեր	
	1 կմ²	1 պլանշետ	1 կմ²	1 պլանշետ
1:5000	22	86	10	40
1:2000	50	50	22	22
1:1000	80	20	36	69
1:500	142	69	64	4

6.6.1 Թեոդոլիտային մակարդակաչափային ընթացքներ

Թեոդոլիտային մակարդակաչափային ընթացքներն իրենցից ներկայացնում են թեոդոլիտային ընթացքներ, որոնց գագաթների միջեւ կատարվում է երկրաչափական մակարդակաչափում դրանց նիշերը որոշելու համար: Երկրաչափական մակարդակաչափումը նկարագրված է գրքի 7-րդ գլխում: Այսպիսով , մեծ մասամբ թեոդոլիտային ընթացքների եւ երկրաչափական մակարդակաչափման ընթացքների գագաթները համատեղվում են միմյանց հետ: Նկարագրված դեպքը վերաբերվում է, օրինակ, կառուցապատված տարածքներին: Այս դեպքում թեոդոլիտով հանույթում են իրադրությունը, իսկ ռելիեֆի հանույթը տախեոմետրով կատարելու համար թեոդոլիտային ընթացքների գագաթների բացարձակ բարձրությունները որոշում են երկրաչափական մակարդակաչափման օգնությամբ: Թեոդոլիտային մակարդակաչափման ընթացքների կողմերի երկարությունները չափվում են կամ պողպատե ժապավենով (չափերիզով), կամ օպտիկական հեռաչափերով՝ 1:1500 – 1:2000 հարաբերական սխալով; Այդպիսի ընթացքներն անցկացվում են համեմատաբար հանգիստ ռելիեֆ ունեցող տարածքների վրա (հարթավայրերում):

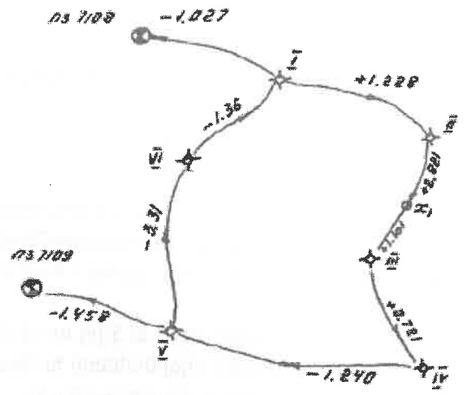
Թեոդոլիտային ընթացքների գագաթների միջեւ երկրաչափական մակարդակաչափումը կատարվում է տեխնիկական մակարդակաչափման ծրագրով (§ 7.1.7): Դիտոցային ճառագայթի երկարությունը չպետք է գերազանցի 100 մետրը:

Ձողաքանոնները տեղակայվում են ընթացքի գագաթներում խփված փայտե ցցիկների վրա: Եթե գագաթների միջեւ վերազանցումը անհնար է չափել մեկ կայանից, ապա ընտրում են իքսային կետեր եւ հաջորդաբար կատարում են մակարդակաչափում:

Գագաթների (կայանների) նիշերը ընդհանուր համակարգում ստանալու համար կատարում են ընթացքի տեղակապումը պետական հենման ցանցի կետերին (հենանիշերի կամ ղրոշմանիշերի):

Տեխնիկական մակարդակաչափման մատյանի մեջ կազմում են բարձունքային հենման ցանցի սխեման, որի վրա կարմիր գույնով ցույց են տալիս ելակետային հենանիշերը, ցանցի գագաթները, գրում են դրանց միջեւ միջին վերազանցումների արժեքները, սլաքով նշում են ընթացքի ուղղությունը (նկ.6.6):

Կայանների նիշերը հաշվարկում են հատուկ ամփոփագրի մեջ (աղյուսակ 6.3):



Նկ.6.6

Բարձունքային հիմնավորման կետերի նիշերի հաշվարկման ամփոփագիր

Աղյուսակ 6.3

կետի անվանումը	կալանների թիվը	չափված վերազանցումը, h մմ	ուղղված վերազանցումը, h' մմ	կետի նիշը մ	կետի անվանումը
1	2	3	4	5	6
ԲԿ 7108		+2		128.531	ԲԿ 7108

1	2	3	4	5	6
	1	-1.027	-1.025		
I		+2		127.506	I
	1	1.228	+1.230		
II		+4		128.736	II
	2	3.922	+3.926		
III		+2		132.662	III
	1	0.721	+0.723		
IV		+2		133.385	IV
	1	-1.240	-1.238		
V		+2		132.147	V
		-1.458	-1.456		
	1				
ԲԿ 7109				130.691	ԲԿ 7109

Գումարները n=7 $\sum h$=+2.146 մ $H_{7109} - H_{7108}$ = +2,160 մ

$f_h = \sum h - (H_{7109} - H_{7108})$=2,146 – 2,160= -14 մմ

$fh_{\text{թույլ.}} = \pm 10\sqrt{7} = \pm 26$ մմ

ԲԿ՝ բազմանկյունաչափության կետ:

Տեխնիկական մակարդակաչափման մատյանից արտագրում են վերազանցումները: Հաշվարկում են դրանց գումարը եւ անկապքները՝ $f_h = \sum_1^n h_i$ -ն, փակ բազմանկյան դեպքում եւ $f_h = \sum_1^n h - (H_վ - H_ս)$ հայտնի նիշեր ունեցող գագաթների վրա հենվող ընթացքի դեպքում: $H_վ$-ն վերջին կետի նիշն է, իսկ $H_ս$-ն՝ սկզբնակետի նիշը:

Թույլատրելի անկապքները որոշվում են հետեւյալ բանաձեւերով՝

$$\text{թույլ.}f_h = \pm 50\sqrt{L} \text{ մմ}, \qquad (6.22)$$

որտեղ՝ L–ը կիլոմետրերի թիվն է ընթացքի երկարության մեջ (պոլիգոնի պարագծի մեջ): կամ՝

$$\text{թույլ.}f_h = \pm 10\sqrt{n}, \qquad (6.22')$$

որտեղ n-ը կայանների թիվն է:

Անկապքը՝ f_h = -14մմ, բաշխում են վերազանցումների միջեւ հակառակ նշանով եղած կայանների թվին համեմատական եւ ուղղումները գրանցում են միլիմետրերով վերազանցումների արժեքների վրա: Ստուգման նպատակով հաշվարկում են ուղղումների գումարը, որը պետք է հավասար լինի անկապքին հակառակ նշանով:

Այնուհետեւ հաշվարկում են ուղղված վերազանցումները (սյունակ 4) եւ 5-րդ սյունակում արտագրում են կարմիր թանաքով ելակետային կայանների (ԲԿ) ընթացքի սկզբնակետի եւ վերջին կետի նիշերը: Ընթացքի կետերի (1,2….) նիշերը հաշվում են $H_{i+1}=H_i + h'$ բանաձեւով, որտեղ H_{i+1}, H_i՝ հաջորդ եւ նախորդ կետերի նիշերն են, h′-ը ուղղված վերազանցման արժեքն է: Հաշվարկները անսխալ կատարելու դեպքում վերջին կետի նիշը պետք է համընկնի դրա հայտնի ելման արժեքի հետ: Փակ բազմանկյան դեպքում վերջին եւ սկզբնական կետերը համընկնում են:

6.6.2 Թեոդոլիտային բարձունքային ընթացքները

Նկարագրված թեոդոլիտային մակարդակաչափային ընթացքն անցկացվել էր երկու հենանիշերի (բազմանկյունաչափության կետերի)՝ ԲԿ 7108 եւ ԲԿ 7109 միջեւ, որոնց նիշերը նախապես հայտնի էին մակարդակաչափման արդյունքներից: Նշված ընթացքները կարող են ստեղծվել նաեւ փակ բազմանկյունների ձեւով, այսինքն, սկսվել եւ վերջանալ միեւնույն կետում: Նկարագրված երկու դեպքում

էլ ընթացքի տարբեր կայանների միջեւ կարող են, անհրաժեշտության դեպքում, անցկացվել անկյունագծային ընթացքներ: Այդ ընթացքների գագաթների նիշերը թույլատրվում է որոշել եռանկյունաչափական մակարդակաչափման միջոցով այնպես, ինչպես նկարագրված է § 6.6.1-ում: Օրինակ՝ նկ.6.6-ի վրա անկյունագծային ընթացքը անց է կացված V-VI-I ուղղությամբ, այսինքն, V եւ I գագաթների միջեւ: Այդ ընթացքը անցկացնելիս չափվել են հորիզոնական աջակողմյան անկյունները, գծերի երկարությունները ժապավենով կամ օպտիկական հեռաչափով՝ 1:1500 – 1:2000 ճշտությամբ եւ չափվել են թեքության անկյունները:

Չափման տվյալները գրանցվում են մատյանում այնպես, ինչպես ընդունված է թեոդոլիտային հանույթի դեպքում (§ 4.4.3): Աղյուսակում (6.5) բերված է եռանկյունաչափական մակարդակաչափման մատյանի լրացման օրինակը փակ բազմանկյան (5 գագաթից բաղկացած) համար: Անկյունագծային V-VI-I ընթացքը անցկացնելիս նույնպես արդյունքները գրանցվում են մատյանի մեջ այնպես, ինչպես ցույց է տրված աղյուսակում (աղյուսակ 6.5): Ստացված արդյունքների հիման վրա հաշվարկվում են անկյունագծային ընթացքի կողմերի d հորիզոնական պրոյեկցիաները (նկ.6.6): Ունենալով V-VI գծի $d_{V\text{-}VI}$ հորիզոնական պրոյեկցիան եւ այդ գծի թեքության $\nu_{V\text{-}VI}$ անկյունը՝ կարող ենք հաշվել $h_{V\text{-}VI}$ վերազանցումը՝ $h_{V\text{-}VI} = d_{V\text{-}VI} \operatorname{tg}\nu_{V\text{-}VI}$, եթե դիտոցային առանցքը ուղղվել է ծողաքանոնի վրա նախապես նշված գործիքի i բարձրությանը: Անկյունագծային ընթացքի յուրաքանչյուր կողմի վրա h վերազանցումը հաշվարկվում է երկու անգամ՝ ուղիղ եւ հակադարձ ուղղությամբ: Դրանց միջեւ տարբերությունը թույլատրվում է 0,04D մետրի սահմաններում, որտեղ D-ն գծի երկարության մեջ 100 մետրանոց հատվածների թիվն է: Օրինակ, եթե գծի երկարությունը 252,67 մ է, ապա D=2,5: Նշված պայմանի բավարարման դեպքում վերցնում են ստացված արդյունքների միջին թվաբանականը՝ $h_{մ\ ու} = \frac{|h_{ու}| + |h_{հակ.}|}{2}$, նշանը ընդունում են $h_{ու}$ նշանին համապատասխան:

Ամփոփագրում (աղյուսակ 6.4) բերված է V-VI-I անկյունագծային ընթացքի վրա գտնվող VI կայանի H_{VI} նիշի հաշվարկման օրինակը:

Անկյունագծային ընթացքի կետերի նիշերի հաշվարկման ամփոփագիրը

Հաշվարկման ժամանակ ամփոփագրի 3-րդ սյունակում արտագրում են վերազանցումների արժեքները, արտահայտված մետրերով:

Աղյուսակ 6.4

կետի անվանումը	գծի երկարությունը, մ բաժանած 100-ի	չափված վերազանցումը	ուղղված վերազանցումը	կետի նիշը	կետի անվանումը
1	2	3	4	5	6
I				127,51	I
	0,31	-0,01			
		+1,36	+1,35		
VI				128,86	VI
	0,48	-0,02			
		+3,31	+3,29		
V				132,15	V

$L = \frac{D}{100}$ =0,79 $\sum_1^n h$ = +4,67 մ

$\sum h_{ու}$ = +4,64 մ

---

f_h= 0,03 մ

$$f_{h.թույլ.} = 0,04\,D\sqrt{n}\ \text{սմ},$$

կամ տվյալ դեպքում՝ $f_{hթույլ.}$=0,04L=0,04.0,79=0,03 մ

2-րդ սյունակի մեջ արտագրում են Dմ/100մ հարաբերությունները: Հաշվարկում են վերազանցումների գումարը՝ Σh-ը, ընթացքի ուղղությամբ, որոշում են անկապքը՝ $f_h=\Sigma h-(H_I-H_V)$, եւ համեմատում են այն թույլատրելի $f_h=0,04D_{միջ.}\sqrt{n}$ սմ անկապքի հետ, որտեղ՝ D-ն կողմերի միջին երկարությունն է մետրերով, n-ը ընթացքի կողմերի թիվն է:

Եթե ընթացքի երկարությունը չի գերազանցում 300 մետրը, ինչպես մեր օրինակում, թույլատրելի անկապքի մեծությունը որոշում են բանաձեւով՝

$$թույլ.f_h = 0.04L\ \text{մ},$$

որտեղ L-ը ընթացքի երկարությունն է, բաժանած 100 մետրի:

Անկապքը բաշխում են կողմերի երկարություններին համեմատական եւ ուղղված վերազանցումների տվյալներով հաշվարկում են ընթացքի գագաթների նիշերը:

Այսպիսով, թեոդոլիտային բարձունքային ընթացքները տարբերվում են թեոդոլիտային մակարդակաչափային ընթացքներից նրանով, որ ընթացքի կայանների վերազանցումները որոշվում են ոչ թե երկրաչափական մակարդակաչափման մեթոդով, այլ եռանկյունաչափական մակարդակաչափումով, որի ճշտությունը ավելի ցածր է: Ընթացքի կողմերի երկարությունները չափվում են կամ ժապավենով, կամ օպտիկական հեռաչափով՝ 1:2000 ճշտությամբ:

Եթե տվյալ տարածքի վրա կատարված է թեոդոլիտային հանույթ, եւ որպես հանույթային ցանց ծառայել են փակ կամ բաց թեոդոլիտային ընթացքները, ապա նույն տարածքի վրա բարձունքային թեոդոլիտային ցանցը ստեղծվում է հետեւյալ կերպ: Քանի որ հայտնի են պոլիգոնի կամ անկյունագծային ընթացքի գագաթների միջեւ հատվածների հորիզոնական պրոյեկցիաները (d), մնում է որոշել գծերի թեքության անկյունները ուղիղ եւ հակադարձ ուղղությամբ եւ վարվել այնպես, ինչպես նկարագրվեց I-VI-V ընթացքի համար (նկ.6.6):

Դիտարկվող դեպքում ուղղաձիգ անկյունների չափման արդյունքները եւ վերազանցումների հաշվարկման արդյունքները կարող են գրանցվել մատյանում, որի օրինակը բերված է աղյուսակում (աղ. 6.5):

Եռանկյունաչափական մակարդակաչափման մատյան թեոդոլիտային բարձունքային ընթացքների համար

Աղյուսակ 6.5

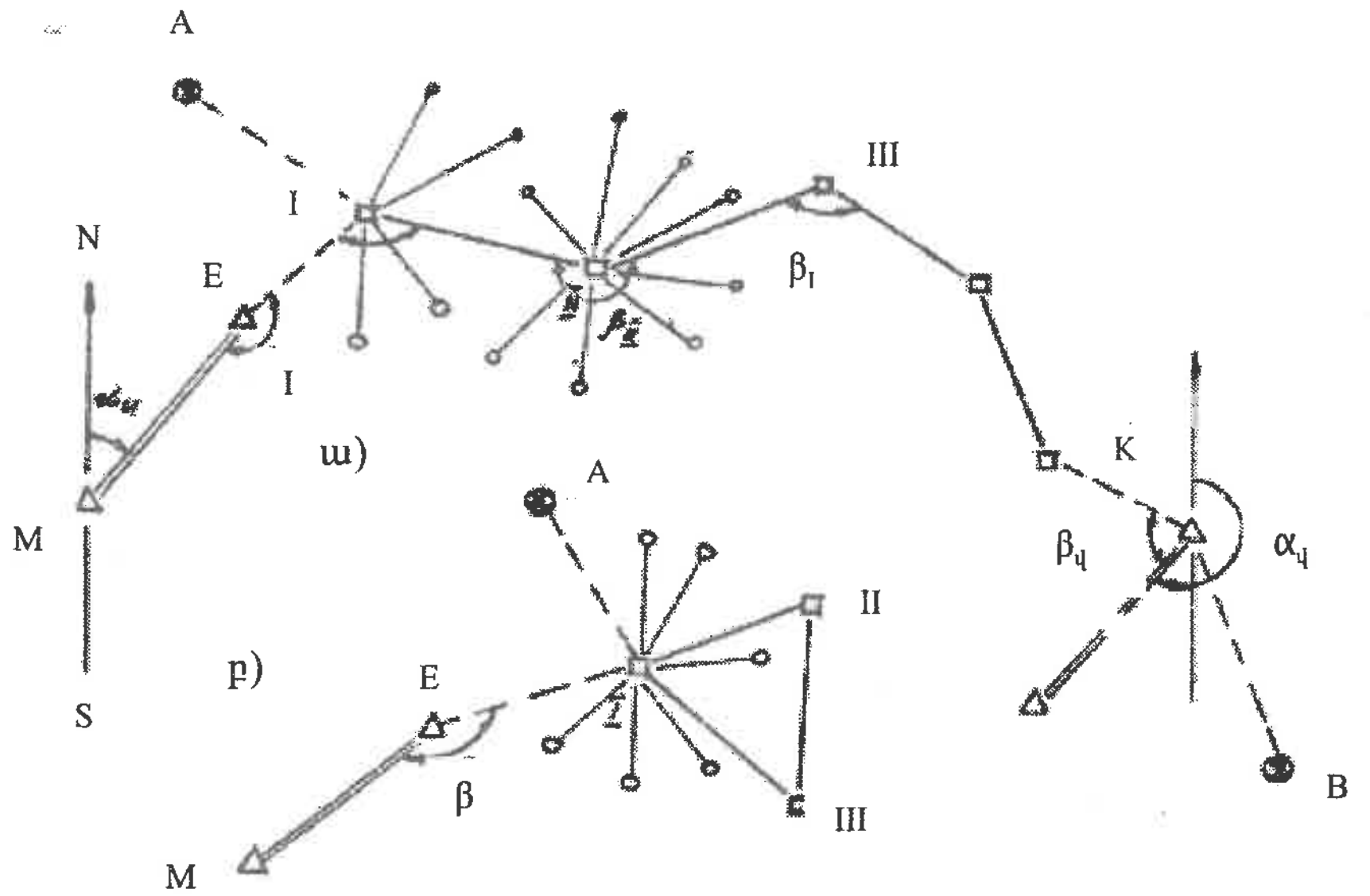
կայանների համարները	դիտվող կետերը	հաշվանք ուղղաձիգ շրջանով		զրոյի տեղը	թեքության անկյունները, ν	գծի հորիզոնական պրոյեկցիան, d, մ	d.tgν մ	գործիքի բարձրությունը i, մ	դիտարկման նշանակետի բարձրությունը V, մ	վերազանցումը h= d.tgν+i-v, մ
		շ.աջ	շ.ձախ							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Փակ բազմանկյուն						
1	5	359°16	0°46	0°01	-0°45	142,05	-1,86	1,30	1,30	-1,36
	2	0°08	359°54	0°01	0°07	196,10	0,40	1,30	1,30	0,40
2	1	0°05	359°53	359°59	0°07	196,24	0,34	1,34	2,00	-0,32
	3	357°26	2°33	359°59	-2°34	122,00	-5,47	1,34	2,00	-6,13
3	2	2°56	357°07	0°00	2°53	122,00	6,15	1,34	1,34	6,15
	4	0°48	359°12	0°00	0°48	179,90	2,52	1,34	1,34	2,52
4	5	359°22	0°34	359°53	-0°36	179,90	-1,88	1,38	2,00	-2,50
	5	0°33	359°23	359°58	0°35	187,15	1,90	1,38	2,00	1,28
5	4	359°36	0°26	0°01	-0°25	187,15	-1,36	1,35	1,35	-1,36
	1	0°45	359°17	0°01	0°44	142,05	1,82	1,35	1,35	1,32

.6.3 Տախեոմետրային ընթացքներ

Այն դեպքերում, երբ հանույթվող տարածքը կառուցապատված չէ, հանույթային ցանցի խտացումը կատարում են տախեոմետրային ընթացքների միջոցով:

Տախեոմետրային ընթացքները տարբերվում են թեոդոլիտային բարձունքային ընթացքներից նրանով, որ գծերի երկարությունները ընթացքի մեջ չափվում են թելային հեռաչափով՝ 1:400 ճշտությամբ: Չափվում են նաեւ ուղղաձիգ անկյունները:

Տախեոմետրային ընթացքը անց է կացվում այն գործիքով, որով կատարվում է նաեւ հանույթը: Դա հնարավորություն է տալիս ընթացքի անցկացման հետ միաժամանակ կատարել նաեւ ռելիեֆի եւ իրադրության հանույթը: Ընթացքների գագաթները առավել նպատակահարմար դիրքում ընտրելու համար նախապես կատարում են ընթացքի հետախուզումը:



Նկ.6.7

Տախեոմետրային ընթացքները անց են կացվում որպես առանձին ընթացքներ, որոնք իրենց ծայրակետերով հենվում են ավելի բարձր կարգի կետերի վրա (նկ.6.7ա), կամ որպես փակ պոլիգոններ (նկ.6.7բ): Քանի որ գծերը չափվում են թելային հեռաչափով, ապա միայնակ ընթացքի երկարությունը կայուն կետերի միջեւ չպետք է գերազանցի՝

$$L = 7,5.M.T.10^{-4}\ \text{մ}, \qquad (6.23)$$

որտեղ՝

L-ն ընթացքի երկարությունն է մետրերով,

M-ը հանույթի մասշտաբի հայտարարը,

T-ն ընթացքի հարաբերական ճշտության հայտարարը (գծերի չափման հարաբերական սխալը):

Եթե T=400, ապա L-ի արժեքը տարբեր մասշտաբների համար կորոշվի 6.6 աղյուսակից:

Աղյուսակ 6.6

Մասշտաբ	ընթացքի առավելագույն L երկարությունը, մ	կողմերի առավելագույն երկարությունը, մ	կողմերի առավելագույն թիվը ընթացքում
1:5000	1200	300	8
1:2000	600	200	4
1:1000	300	150	3
1:500	չի կիրառվում		

1:500 մասշտաբի հանույթի դեպքում գծերը տախեոմետրային ընթացքներում չափում են ժապավենով, օպտիկական կամ լուսային հեռաչափերով:

Տախեոմետրային ընթացքները անցկացնելիս հետազննման, տեղակապման եւ կետերի ամրացման հետ կապված աշխատանքները կատարվում են այնպես, ինչպես թեոդոլիտային ընթացքների դեպքում (§ 4.4):

Դաշտային աշխատանքներից առաջ կատարում են գործիքի բոլոր ստուգումները եւ որոշում են հեռաչափի գործակիցը:

Տախեոմետրային ընթացքը կարող է անցկացվել իրադրության եւ ռելիեֆի հանույթից անկախ: Սակայն ավելի հաճախ ընթացքի անցկացումը եւ հանույթը կատարվում են միաժամանակ: Երկու դեպքում էլ յուրաքանչյուր կայանում անկյունային եւ գծային չափումները կատարվում են որոշակի հաջորդականությամբ եւ արդյունքները գրանցվում են տախեոմետրային մատյանում: Մատյանի ձեվերից մեկը բերված է աղյուսակում (աղ.6.7):Մատյանի վերեւի մասում, ամեն մի կայանի համար գրանցում են ընթացքին վերաբերող տվյալները, իսկ ներքեւի մասում՝ իրադրության եւ ռելիեֆին վերաբերող տվյալները:

Գործողությունների հաջորդականությունը, ընթացքը անցկացնելիս, հետեւյալն է:

1. Գործիքը տեղակայում են կայանում եւ բերում են աշխատանքային դիրքի:
2. Չափում են գործիքի i բարձրությունը 1 սմ ճշտությամբ:
3. Դիտակը ուղղում են ծողաքանոնի վրա, որը տեղակայված է ընթացքի նախորդ՝ հետեւի կետում, եթե չափվում են աջակողմյան հորիզոնական անկյունները:
4. Կարդում են հաշվանք հորիզոնական շրջանով:
5. Կարդում են հաշվանք հեռաչափական թելերով:
6. Կարդում են հաշվանք ուղղաձիգ շրջանի վրա:

3, 4, 5, 6 կետերում ճշված գործողությունները կրկնվում են ընթացքի առջեւի կետի համար:

Տախեոմետրային հանույթի մատյանը

25 հունիսի 1996թ. Թեոդոլիտ T30, կայան II H= 965,30 մ i=1,25մ

Աղյուսակ 6.7

	հաշվանք հորիզոնական շրջանի վրա		հորիզոնական անկյուն		հաշվանք հեռաչափով	հաշվանք ուղղաձիգ շրջանի վրա		ՋՏ	թեքության անկյուն ν	հորիզ. պրոյեկց. մ $(n_ց+\Delta_ց)Cos^2\nu$	$h=1/2(n_ց+\Delta_ց)Sin2\nu$ մ	$h=h'+i-v$ մ	ճիշերը H մ	ծանոթություն
	0	1	0	1		0	1							
1	2		3		4	5		6	7	8	9	10	11	12
Տախեոմետրային ընթացքի անցկացումը Շ.Ջ														V՝ միջին թելի-կով կարդացած հաշ-վանք մ
I	305	14,0	170	33	250,36	0	2,5	0°00,25	0°00,25	250,36	0,23	-		
III	134	41,0			179,16	2	22	0°00,5	2°21,5	179,14	7,38	6,08		
Շ.Ա														
I	0	0,00	170	33	250,0	359	58							
III	189	27			179,1	357	39							
Իրադրության եւ ռելիեֆի հանույթը														
I	0	00												
1	57	46	57	46	96	4	46							
2	95	15			98	5	17							
3	102	30			93	4	50							

Այսպիսով, ավարտվում է մեկ կիսանվագը: Դիտակը զենիթով անցկացնելուց հետո կրկնում են նկարագրված գործողությունները: Դիտակը ծողաքանոնին ուղղելիս ձգտում են, որպեսզի ուղղաձիգ թելիկը բաժանի ծողաքանոնը երկու հավասար մասերի եւ ուղղված լինի, հորիզոնական անկյունը չափելիս, դրա ներքեւի մասին: Ընթացքի կողմի երկարությունը որոշելու համար նպատակահարմար է ներքեւի թելիկը ուղղել կլոր թիվ ունեցող հաշվանքին կամ ծողաքանոնի ծայրին: Ներքեւի եւ վերեւի թելիկներով կարդացած հաշվանքների տարբերությունը (սանտիմետրերով), բազմապատկելով հեռաչափի գործակցով, ստանում ենք ընթացքի կողմի երկարությունը: Միեւնույն գծի երկարությունը կրկնակի որոշում են ծողաքանոնի սեւ եւ կարմիր կողմերով: Երկու չափումներից ստացված տվյալների տարբերությունը չպետք է գերազանցի գծի երկարության 1:350 մասը: Միեւնույն գծի երկարությունը որոշվում է երկու տարբեր կայաններից ուղիղ եւ հակադարձ ուղղությամբ:

Հորիզոնական անկյունները չափելիս անհրաժեշտ է գործիքի վերեւի մասը պտտել ժամացույցի սլաքի ուղղությամբ: Անկյունը չափվում է, ինչպես նկարագրվեց, շրջանը աջ եւ շրջանը ձախ դիրքերով: Երկու կիսանվագներով ստացված արդյունքները չպետք է տարբերվեն աղյուսակում բերված թույլտվածքներից (աղ.3.5):

Ուղղաձիգ անկյունները չափելիս կարելի է մեջտեղի թելիկը ուղղել գործիքի i բարձրությանը: Ուղղաձիգ անկյունների չափման ընթացքում անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել զրոյի տեղի վրա՝ դրա տատանումները չպետք է անցնեն հաշվանքի ճշտության 1,5-ից:

Մատյանի մշակումը կատարվում է դաշտում հանույթի հետ միաժամանակ:

Գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաները եւ վերազանցումները սովորաբար որոշում են տախեոմետրային աղյուսակների օգնությամբ, կամ $d=k(n_ց+\Delta_ց)Cos^2\nu$ եւ $h=\frac{1}{2}k(n_ց+\Delta_ց)Sin2\nu$ բանաձեւերով:

Գծի չափման տվյալները ուղիղ եւ հակադարձ ուղղությամբ չպետք է տարբերվեն միմյանցից գծի երկարության 1:400-ից ավել: Ուղիղ եւ հակադարձ ուղղությամբ ստացված վերազանցումների տարբերությունը թույլատրվում է ոչ ավել 4 սանտիմետրից՝ յուրաքանչյուր 100 մետրի համար:

Ընթացքի գագաթի կոորդինատները եւ նիշերը հաշվարկում են դաշտում: Հավասարակշռումը կատարում են ինչպես թեոդոլիտային ընթացքների համար: Անկյունային անկապքի թույլատրելի մեծությունը որոշվում է $f_\beta = \pm 3m_\beta\sqrt{n}$ բանաձեւով, որտեղ n-ը կայանների (գագաթների) քիվն է: Գծային անկապքի թույլատրելի արժեքը որոշվում է

$$f_s = \frac{S}{400\sqrt{n}}\text{ մ} \qquad (6.24)$$

բանաձեւով, որտեղ S՝ ընթացքի երկարությունն է մետրերով, n՝ ընթացքի կողմերի քիվը:

Դիրեկցիոն անկյունները հաշվարկվում են 1', իսկ աճերը՝ 0,01 մ կլորացմամբ:

Տախեոմետրային ընթացքի կետերի նիշերը հաշվարկվում են առանձին: Ստացված տվյակները գրանցում են աղ. 6.3- ի ձեւով:

Բարձունքային անկապքի թույլատրելի մեծությունը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւով՝

$$\text{թույլ.}f_h = \pm 0{,}04S\sqrt{n}\text{ սմ},$$

որտեղ S-ը գծերի միջին երկարությունն է մետրերով, n-ը ընթացքի կողմերի քիվը:

Ընթացքի անկապքը որոշվում է հետեւյալ բանաձեւերով՝ $f_h=\sum h$ փակ բազմանկյան համար, իսկ կայուն կետերի վրա հիմնված ընթացքի համար՝

$$F_h=\sum h_ա-(H_վ-H_ա),$$

որտեղ $\sum h_ա$ վերազանցումների հանրահաշվական գումարն է,

$H_ա$, $H_վ$՝ սկզբնական եւ վերջնական կայուն կետերի նիշերն են:

Ստացված անկապքը հակառակ նշանով բաշխում են գծերի երկարություններին համեմատական: Նիշերը հաշվում են 0,01 մ ճշտությամբ:

Նկարագրված հաշվարկների արդյունքում ստանում են ընթացքի յուրաքանչյուր կետի համար դրա ուղղանկյուն կոորդինատները եւ նիշը:

6.6.4 Տեղանքի իրաղրության եւ ռելիեֆի հանույթը

Իրաղրության եւ ռելիեֆի հանույթի ընթացքում որոշվում են բնորոշ կետերի բեւեռային կոորդինատները եւ դրանց նիշերը, որոնց հիման վրա կառուցվում է տեղանքի տեղագրական հատակագիծը:

Ռելիեֆի եւ իրաղրության հանույթը, ինչպես նշվել էր, հաճախ կատարվում է բեւեռային եղանակով ընթացքների անցկացման հետ միաժամանակ:

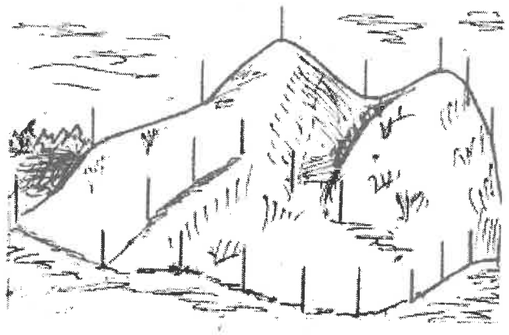
Ընթացքի յուրաքանչյուր կայանից (I, II, III…) բեւեռային եղանակով նախ որոշում են այն կետերի դիրքը, որոնք բնորոշում են տեղանքի եզրագծերը: Դրանից հետո որոշում են ռելիեֆի տեսակետից բնորոշ կետերի դիրքը:

Հանույթի ժամանակ անհրաժեշտ է պահպանել հրահանգներով սահմանափակվող հեռավորությունները (աղ.6.8):

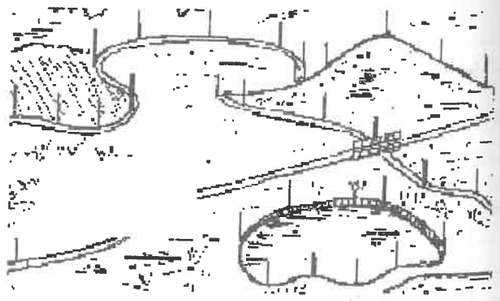
Աղյուսակ 6.8

հանույթի մասշտաբը	հորիզոնականների հատվածքի բարձրությունը, մ	պիկետների միջեւ առավելագույն հեռավորությունները, մ	գործիքից մինչեւ ծողաքանոնը եղած առավելագույն հեռավորությունը ռելիեֆի հանույթի ժամանակ, մ	գործիքից մինչեւ ծողաքանոնը եղած առավելագույն հեռավորությունը իրաղրության հանույթի ժամանակ, մ
1:5000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150
	5,0	120	350	150
1:2000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
	2,0	50	250	100
1:1000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:500	0,5	15	100	60
	1,0	15	150	60

Ռելիեֆը հանույթելիս մեծ նշանակություն է տրվում բնորոշ կետերի ընտրությանը լանջերի վրա, ջրբաժան, ջրհավաք գծերի վրա եւ այլն: Հանույթը սկսում են ռելիեֆի ցածր մասերից. ջրային տարածությունների եզրագծերից, լանջերի ներքեւից դեպի վերեւ՝ դեպի ջրբաժան գծերը (նկ.6.8, նկ.6.9):



Նկ.6.8



Նկ.6.9

Պիկետային կետերը անհրաժեշտ է ընտրել այնպես, որ հորիզոնականների միջարկումը (ինտերպոլացիան) հետագայում կատարվի այն գծերով, որոնք ունեն պարզ արտահայտված (բնորոշ) թեքություն: Անհրաժեշտ է, որպեսզի պիկետային կետերը ծածկեն ամբողջ հանույթվող տարածքը առանց բացթողումների: Դրա համար տվյալ կայանից մանրամասնորեն ուսումնասիրում են հանույթվող տարածքը: Միջին բարդության ռելիեֆի դեպքում պիկետային կետերն ընտրում են այնպիսի խտությամբ, որպեսզի հատակագծի վրա դրանց հեռավորությունները միմյանցից լինեն ոչ ավել 2 սմ-ից:

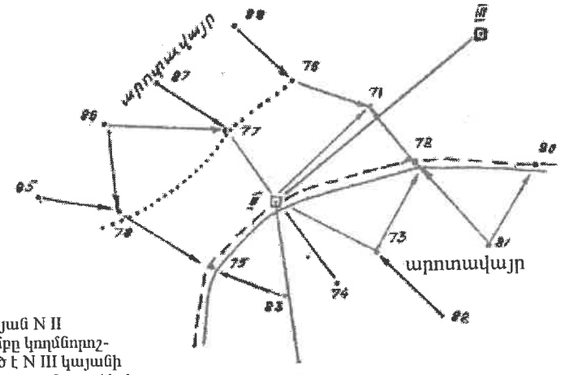
Հանույթային աշխատանքները կայանում կատարում են հետեւյալ հաջորդականությամբ:

1. Թեոդոլիտ-տախեոմետրը տեղակայում են կայանի կետի վրա եւ բերում են աշխատանքային դիրքի: Չափերիզով կամ ծողաքանոնով 0,01 մ ճշտությամբ չափում են գործիքի i բարձրությունը: Արդյունքը գրանցվում է տախեոմետրային մատյանի մեջ (աղյուսակ 6.7): Եթե հանույթը կատարվում է ընթացքն անցկանելու հետ միաժամանակ, ապա նշված գործողություններն արդեն իրականացված են լինում:

Հետագա հաշվարկները հեշտացնելու համար խորհուրդ է տրվում գործիքի i բարձրությունը նշել ծողաքանոնի վրա վառ գույնի ժապավենով եւ դիտողումը կատարել այդ նշված գծիկի վրա:

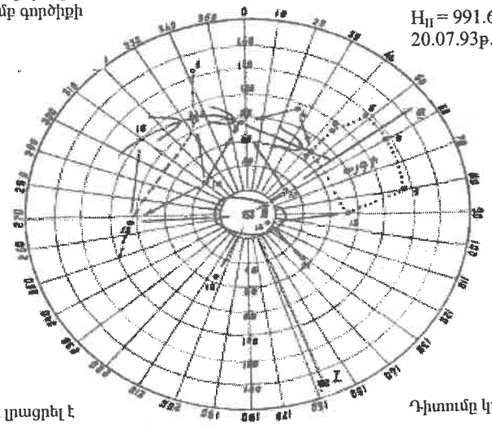
2. Որոշում են ուղղաձիգ շրջանի զրոյի տեղը եւ գրանցում աղյուսակի 5-րդ սյունակում: Աշխատանքի համար հարմար է զրոյի տեղը հավասարեցնել զրոյի : Այս գործողությունը նույնպես կատարված է լինում, երբ հանույթը կատարվում է ընթացքի անցկացման հետ միաժամանակ:

3.Կողմնորոշում են լիմբը հաջորդ կամ նախորդ կայանների ուղղությամբ: Նպատակահարմար է կողմնորոշումը իրագործել ուղղաձիգ շրջանի ձախ դիրքով: Ալիդադի ինդեքսը համատեղում են լիմբի զրո բաժանքի (գծիկի) հետ եւ, պտտելով լիմբը, ուղղում են դիտակը հանույթային ցանցի ընտրված կետին: Դրանից հետո լիմբը ամրացնում են: Այնուհետեւ տվյալ կայանում հորիզոնական անկյունները չափելու համար բավական է թուլացնել ալիդադը, ուղղել դիտակը պիկետային կետի վրա տեղակայված ծողաքանոնին ու կատարել հաշվանք հորիզոնական շրջանով (նկ.6.1):



Կայան N II
Լիմբը կողմնորոշված է N III կայանի ուղղությամբ գործիքի բարձր.
i= 1.32 մմ

Նկ.6.10



H_{II} = 991.62 մ
20.07.93թ.

մատյանը լրացրել է

Դիտումը կատարել է

Նկ.6.11

4. Յուրաքանչյուր կայանում դիտորդը, հաշվանք գրանցողը եւ ձողաքանոնը տեղափոխող բանվորը ուսումնասիրում են հանույթվող տարածքը, բացահայտում են բնորոշ կետերը: Գրանցողը կազմում է ուրվանկար (աբրիս), որը տախեոմետրային հանույթի դեպքում, ինչպես նշվել էր, անվանում են կրոկի: Կրոկիների վրա ցույց է տրվում գործիքի տեղակայման կայանը եւ, բացի այդ, ընթացքի հաջորդ եւ նախորդ գագաթները դրանց համարներով: Ի տարբերություն թեոդոլիտային հանույթի ժամանակ գծագրվող ուրվանկարից, կրոկների բոլոր պիկետների համարները համընկնում են նույն կետերի մատյանում նշված համարների հետ: Բացի այդ, սլաքներով ցույց են տրվում լանջերի ցածրացող թեքությունները: Սլաքները դրվում են յուրաքանչյուր երկու պիկետները միացնող գծերի վրա, որոնց միջեւ թեքությունը միապաղաղ է: Հատակագիծը կազմելիս, սլաքների օգնությամբ որոշում են այն գծերը, որոնց ուղղությամբ անհրաժեշտ է կատարել միջարկումը հորիզոնականները անցկացնելու համար (նկ.6.10, 6.11):

Որոշ դեպքերում տախեոմետրային հանույթի կրոկիի վրա ռելիեֆի բնորոշ մասերում ցույց են տալիս հորիզոնականների մոտավոր տեսքը (նկ.6.11):

5. Հաջորդաբար տեղակայում են ձողաքանոնը ընտրված պիկետային կետերի վրա: Դիտակի ցանցի ուղղաձիգ թելիկը ուղղում են ձողաքանոնի առանցքով, իսկ հորիզոնական մեջտեղի թելիկը՝ գործիքի i բարձրությանը համապատասխանող հաշվանքի վրա: Եթե այդ գծիկը չի երեւում, ապա ցանցաթելը ուղղում են ձողաքանոնի W կետին (նկ.6.5) եւ գրանցում են V հաշվանքը մատյանի 12-րդ սյունակի մեջ (աղյուսակ 6.7):

Հաշվանքները կատարում եւ գրանցում են հետեւյալ հաջորդականությամբ.

1) թելային հեռաչափով (0,1 մ ճշտությամբ)՝ 4-րդ սյունակում (երկու թելիկների միջեւ բաժանքների թիվը՝ n-ը);

2) ուղղաձիգ շրջանով 1′ ճշտությամբ՝ 5-րդ սյունակում;

3) հորիզոնական շրջանով 1′ ճշտությամբ՝ 2-րդ սյունակում:

Հորիզոնական շրջանի վրա հաշվանք կատարելուց հետո ձողաքանոնը պահող բանվորը կարող է տեղաշարժվել դեպի մյուս պիկետը:

Կայանում աշխատանքը վերջացնելուց հետո դիտակը կրկին ուղղում են կողմնորոշվող կայանի ուղղությամբ եւ հաշվանքը գրանցում են 2-րդ սյունակում: Նախորդ հաշվանքից այն չպետք է տարբերվի 3′-ից ավել: Հակառակ դեպքում դիտումները կայանում կրկնվում են:

6.6.5 Տախեոմետրային հանույթի մատյանի մշակումը

Այդ մշակումը սկսում են մատյանի մեջ եւ կրոկիի վրա կատարված գրանցումների ստուգումից: Այնուհետեւ յուրաքանչյուր կայանի համար կատարում են հետեւյալ հաշվարկները:

1. Որոշում են զրոյի տեղը տվյալ գործիքին համապատասխանող բանաձեւերով եւ գրանցում են 6-րդ սյունակում (աղ.6.7): Այս հաշվարկը կատարվում է աշխատանքի սկզբում:

2. Որոշում են թեքության անկյունները եւ ստացված արժեքները գրանցում են 7-րդ սյունակում:

3. Որոշում են գծի հորիզոնական պրոյեկցիան՝ d-ն, եւ կլորացնելով այն մինչեւ 0,1 մ, գրանցում են արդյունքը 8-րդ սյունակում: d-ն որոշում են $d=(n_{մ}+\Delta_{մ})\cos^2$ բանաձեւով, եթե օգտվում են մանրահաշվիչով, կամ օգտվում են տախեոմետրային աղյուսակից [22]:

4. Որոշում են պիկետների վերազանցումը տվյալ կայանի նկատմամբ՝

$$h=h' + i-v, \text{ որտեղ } h'=\frac{(n_{մ}+\Delta_{մ})}{2}\,\mathrm{Sin}2v$$

h′-ի արժեքը գրանցում են 9-րդ սյունակում, իսկ h-ի՝ 10-րդ սյունակում:

Եթե դիտոցային առանցքը ուղղված էր գործիքի i բարձրությանը, ապա h′=h:

5. Հաշվարկում են պիկետային կետերի նիշերը

$$H_{ի}=H_{կ}+h_{ի}$$

բանաձեւից, որտեղ $H_{կ}$-ն տվյալ կայանի բացարձակ բարձրությունն է, $h_{ի}$-ն պիկետի վերազանցումն է կայանի նկատմամբ:

Պիկետների նիշերը որոշում են 0,01 մ ճշտությամբ եւ գրանցում են 11-րդ սյունակում:

Տախեոմետրային հանույթը կատարելիս անհրաժեշտ է ուշադիր լինել, որպեսզի երկու հարեւան կայանների սահմանամերձ գոտիներում չհանույթված տարածքներ չմնան: Դրանից խուսափելու համար յուրաքանչյուր կայանից հանույթում են մի քանի պիկետային կետեր նաեւ հարեւան կայանին վերաբերող տարածքից, խորանալով դրա մեջ երկու պիկետների միջեւ թույլատրվող առավելագույն հեռավորության չափով:

Անհրաժեշտ է նկատի ունենալ, որ հատակագծի կազմելը տախեոմետրային հանույթի արդյունքներով բավական աշխատատար գործողություն է, եւ այդ նկատառումով տախեոմետրային հանույթը կիրառվում է համեմատաբար փոքր մակերեսների վրա՝ պարզ արտահայտված ռելիեֆի դեպքում: Թեոդոլիտային հանույթի հետ միասին տախեոմետրային հանույթը նպատակահարմար է օգտագործել նաեւ կառուցապատված տարածքները հանույթելիս: Այս դեպքերում թեոդոլիտով հանույթում են իրադրությունը, իսկ տախեոմետրով՝ ռելիեֆը: Հանույթային ցանցը ստեղծում են թեոդոլիտային ընթացքների ձեւով, որոնց գագաթների բարձրությունները որոշում են երկրաչափական մակարդակաչափման միջոցով, ինչպես նկարագրված էր վերեւում:

6.6.6 Հատակագծերի վրա ռելիեֆի արտահայտման ճշտությունը

Կետի բացարձակ բարձրությունը հատակագծի վրա որոշում են հորիզոնականների օգնությամբ, որոնց դիրքի ճշտությունը արտահայտում է ռելիեֆի ճշտությունը հատակագծի վրա:

Հորիզոնականի դիրքի ճշտությունը հատակագծի վրա որոշվում է, սովորաբար, Կոպպեի բանաձեւով [27]՝

$$m_h=a+b\cdot tg\nu \qquad (6.25)$$

a մեծությունը բնորոշում է կետերի բարձրությունների որոշման ճշտությունը տեղագրական հանույթի ժամանակ, դա հաշվի է առնում կայանի բարձրության որոշման ճշտությունը, պիկետների վերազանցումների որոշման ճշտությունը կայանի նկատմամբ, տեղանքի խորքուրդությունների ազդեցությունը եւ այլն:

b մեծությունը հաշվի է առնում հորիզոնական տեղաշարժման սխալը կայանի ոչ ճիշտ տեղադրման հետեւանքով, պիկետների տեղադրման սխալը, հորիզոնականների գծագրման սխալը, բնորոշ կետերի միջեւ կատարվող ինտերպոլացիայի սխալը, տուշով հորիզոնականների գծագրման սխալը:

ν-ն տեղանքի թեքության անկյունն է

1:2000 մասշտաբի համար՝

$$m_h=(0,1+0,5tg\nu)\ \text{մ} \qquad (6.26)$$

1:5000 մասշտաբի համար՝

$$m_h=(0,17+1,2tg\nu)\ \text{մ} \qquad (6.27)$$

Այդ բանաձեւերով հաշվարկված միջին քառակուսային սխալները միմյանցից շատ չեն տարբերվում:

6.7 Տախեոմետրային հանույթ կատարելու համար օգտագործվող գործիքներ (տախեոմետրեր)

Տախեոմետրը ծառայում է հորիզոնական եւ թեքության անկյունների, ազիմուտների, հատվածների երկարությունների եւ դրանց ծայրակետերի վերազանցումների չափման համար: Գծերի կողմնորոշման համար օգտագործում են տախեոմետրին կցվող բուսոլը: Մինչեւ վերջին ժամանակները թեոդոլիտը եւ տախեոմետրը միմյանցից չէին տարբերում: Օրինակ՝ ТТ-50 գործիքը անվանում էին թեոդոլիտ-տախեոմետր: Ժամանակակից տեխնիկական թեոդոլիտները նույնպես կարելի է անվանել թեոդոլիտ-տախեոմետրեր: Այդպիսի թեոդոլիտ-տախեոմետրերով կատարվող տախեոմետրային հանույթի բացասական կողմը կայանում է նրանում, որ հատվածների պրոյեկցիաների եւ դրանց ծայրակետերի վերազանցումների հաշվարկումը աղյուսակների կամ մանրահաշվիչների օգնությամբ շատ ժամանակ է խլում:

Ներկայումս տախեոմետր են անվանում այնպիսի թեոդոլիտը, որի մեջ իրականացված է չափումների որոշակի ավտոմատացումը:

Ռուսաստանում արտադրվում են նոմոգրամ ունեցող տախեոմետրեր՝ TH, 2TH, օպտիկական հեռաչափերով օժտված TD, TB տախեոմետրեր եւ էլեկտրոնային հեռաչափերով օժտված տախեոմետրեր: Նման գործիքներ արտադրվում են նաեւ ուրիշ երկրներում:

TH, 2TH, TD եւ TB գործիքների մեջ իրականացված է վերազանցումների եւ հորիզոնական պրոյեկցիաների անմիջապես չափման հնարավորությունը: Էլեկտրոնային տախեոմետրերի մեջ ավտոմատացումը ունի կոմպլեքսային (համակողմանի) բնույթ: Դա ընդգրկում է ամբողջ չափման ընթացքը, չափումների մշակումը եւ վերջնական տվյալները՝ կետերի կոորդինատները եւ բարձրությունները: Դրանց մեջ կիրառում են գտել գեոդեզիական գործիքաշինության այնպիսի գիտական նվաճումները, ինչպիսիք են անկյունների չափման ավտոմատացումը, կոմպակտ (ամփոփ) լուսահեռաչափերի մոնտաժումը թեոդոլիտի մեջ, ինչպես նաեւ մանրաչափավորված հաշվիչ մեքենաների կիրառումը:

Ժամանակակից էլեկտրոնային տախեոմետրերը հնարավորություն են տալիս ապահովել բարձր արտադրողականություն դաշտային աշխատանքների ժամանակ: Այդպիսի տախեոմետրերով ստացված տվյալները հանույթից հետո մշակվում են հատուկ գրաֆիկական կառուցիչի օգնությամբ, որը նաեւ գծագրում է հատակագիծը:

Դիտարկենք թվարկված տախեոմետրերի յուրահատկությունները:

6.7.1 TH եւ 2TH նոմոգրամային տախեոմետրերը

Դրանք մշակված են T5K եւ 2T5K թեոդոլիտների հիմքի վրա: Այդ գործիքների ուղղածիգ շրջանը բացի աստիճանային բաժանքներից օժտված է հատուկ կոր գծերով՝ նոմոգրամներով, որոնք թույլ են տալիս անմիջապես ստանալ հատվածների հորիզոնական պրոյեկցիաները եւ դրանց ծայրակետերի վերազանցումները:

Լայն կիրառում են գտել այն տախեոմետրերը, որոնց նոմոգրամները կառուցված են Գամմերի կողմից առաջարկված սկզբունքով: Դրանք իրենցից ներկայացնում են ապակե ուղղածիգ շրջանի վրա տպված կամ փորագրված կորեր, որոնք կառուցված են տարբեր ν անկյունների համար ըստ հետեւյալ բանաձեւերի՝

$$d'=\frac{f\cdot Cos^2\nu}{C\pm 1/2Sin2\nu},\quad h^*=\frac{1/2Sin2\nu}{K'\pm Sin^2\nu},\qquad (6.28)$$

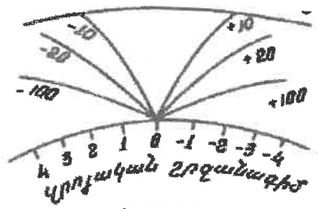
որտեղ d'-ը սկզբնական զրոյական շրջանագծի եւ հեռավորությունների կորի միջեւ եղած երկարությունն է, որը համապատասխանում է դիտոցային առանցքի թեքության ν անկյանը եւ հեռաչափի C գործակցին,

h*-ը սկզբնական շրջանագծի եւ վերազանցումների կորի միջեւ եղած հեռավորությունն է, որը համապատասխանում է ν թեքության անկյան եւ վերազանցումների հաշվման K' գործակցին,

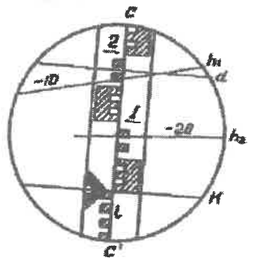
f-ը օբյեկտիվի ֆոկուսային հեռավորությունն է,

C-ն գործակից է, որը հավասար է լինում 100-ի կամ 200-ի,

K'-ը վերազանցումների հաշվարկման գործակիցն է, դա հավասար է լինում 10, 20, 100 եւ –10, -20, -100 (նկ.6.12):



Նկ.6.12



Նկ.6.13

Նոմոգրամի կորերը պրիզմաների եւ ոսպնյակների օգնությամբ փոխանցվում են դիտակի օկուլյարի տեսադաշտը: Դիտակը ծողաքանոնին ուղղելուց հետո նոմոգրամի սկզբնական H կորը համատեղում են ծողաքանոնի վրա գործիքի i բարձրությանը համապատասխանող 0 հաշվանքին (նկ.6.13):

Գծի հորիզոնական պրոյեկցիան որոշելու համար հաշվում են ծողաքանոնի վրա H կորի եւ հեռավորությունների d կորի միջեւ տեղավորված սանտիմետրանոց բաժանքների քանակը եւ արտահայտում են այն մետրերով: Օրինակ՝ գծագրի վրա (նկ.6.13) դա հավասար է 0,175 մ: Բաժանքները հաշվում են CC' թելիկի վրայով:

Այնուհետեւ բազմապատկում են ստացած թիվը (0,175) հեռաչափի գործակցով եւ ստանում են d հորիզոնական պրոյեկցիան: Եթե C=100, ապա 0,175 մ · 100=17,5 մ:

Գործիքի եւ ծողաքանոնի տեղակայման կետերի՝ (հատվածի ծայրակետերի) վերազանցումը որոշելու համար հաշվում են H կորի եւ –10 թվով նշված h_1 կորի միջեւ եղած սանտիմետրերի թիվը, որը հավասար է 16,2 սմ=0,162 մ: Բազմապատկելով այն –10-ով՝ K' գործակցով, ստանում են h_1=0,162 մ (–10)= – 1,62 մ: Նույն վերազանցումը կարելի է ստանալ h_2 կորի օգնությամբ (–20): Այդ կորի եւ H կորի միջեւ հեռավորությունը հավասար է 8 սանտիմետրի (0,08մ): Բազմապատկելով այդ թիվը –20-ով, ստանում են h= – 1,60: Ավելի հուսալի է այն մեծությունը, որը ստացվել է ավելի փոքր K' արժեքի դեպքում:

Դիտարկված օրինակում h վերազանցումը որոշված է h=d.tgν բանաձեւով, քանի որ նոմոգրամի զրոյական շրջանագիծը ուղղվել է գործիքի i բարձրությանը:

Խոշոր մասշտաբներով հանույթներ կատարելիս (1:2000, 1:1000, 1:500) օգտագործում են սովորական երկրաչափական մակարդակաչափման ծողաքանոններ: Դրանց երկարությունը հաստատուն է, եւ ծողաքանոնի կրունկը՝ 0-ն, միշտ տեղակայվում է հանույթվող կետի վրա: Այդպիսի դեպքերում, եթե զրոյական կորը՝ H-ը, ուղղված է i բարձրությանը համապատասխանող ℓ_i հաշվանքի վրա, ապա d հորիզոնական պրոյեկցիան որոշում են հետեւյալ բանաձեւով՝

$$d=C(\ell_d-\ell_i),$$

որտեղ ℓ_d-ն հեռավորության կորով կարդացած հաշվանքն է, իսկ վերազանցումը որոշում են՝

$$h=k'(\ell_h-\ell_i)$$

բանաձեւից, որտեղ ℓ_h–ը վերազանցման կորով կարդացած հաշվանքն է:

Եթե H կորը համատեղված է ոչ թե գործիքի բարձրությանը համապատասխանող ℓ_i հաշվանքին, այլ մի ուրիշ ℓ_v հաշվանքի հետ, որը ծողաքանոնի հիմքից գտնվում է ν բարձրության վրա, ապա վերազանցումը $h'=k'(\ell_h-\ell_v)$ բանաձեւից ստանալուց հետո, հաշվարկում են հատվածի ծայրակետերի վերազանցումը h=h'+i-v բանաձեւով:

TH տախեոմետրի հիմնական բնութագրերն են.

դիտակի խոշորացումը, անգամ	27
շրջանների բաժանքների գինը, աստիճան	
հորիզոնական	1
ուղղածիգ	1
գծերի չափման հարաբերական սխալը	1:300
հորիզոնական պրոյեկցիաների չափման տիրույթը, մետր	5-350
անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը մեկ նվագով, վայրկյան	7
հաշվանք կարդալու սխալը հորիզոնական եւ ուղղածիգ շրջանների սանդղակների վրա, վայրկյան	6

Գործիքի ուղղածիգ շրջանի նոմոգրամները կառուցված են (6.28) բանաձեւերի հիման վրա: Դրանք տպված են ապակյա առանձին շրջանի վրա, որը համառանցք է ուղղածիգ շրջանի հետ: Հաշվանքները կորերի օգնությամբ կարդում են դրանց ուղղածիգ թելիկի հետ հատման կետերում: Նախորդ դրվագում բերված օրինակները վերաբերում են այդ գործիքին:

2TH ներկայացնում է TH տախեոմետրի կատարելագործված կոնստրուկցիա եւ կառուցված է 2T5K օպտիկական թեոդոլիտի հիման վրա, որի հորիզոնական շրջանը կարող է պտտվել անկախ ալիդադից (կրկնողական չէ): Ուղղածիգ շրջանի գլանաձեւ հարթաչափը փոխարինված է փոխհա-

տուցիչով, որի օգնությամբ գործիքի աշխատանքային դիրքում ուղղածիգ շրջանի ինդեքսը ինքն իրեն մշտապես ընդունում է նույն դիրքը: 2TH տախեոմետրի ուղղածիգ շրջանի բաժանքները գտնվում են համաչափ սեկտորներում: Երբ շրջանի զրոյի տեղը հավասար է 0° ուղղածիգ շրջանի վրա, դրա ձախ դիրքում կատարված հաշվանքը հավասար է գծի թեքության ν անկյանն իր նշանով: Հորիզոնական շրջանը նման է 2T5K թեոդոլիտի շրջանին: Երբ անհրաժեշտ չէ չափել ուղղածիգ անկյունները, տեսողության դաշտի վերին մասը փակվում է հատուկ պտուտակով: Ի տարբերություն 2T5K թեոդոլիտի 2TH գործիքի ուղղածիգ շրջանի հաշվանք կարդալու հարմարանքը որոշ չափով փոխված է: Գործիքի դիտակը տալիս է առարկայի ուղիղ պատկեր: Գործիքի ուղղածիգ շրջանի ձախ դիրքում օկուլյարի տեսադաշտի մեջ դիտորդը միաժամանակ տեսնում է ցանցաթելերի ուղղածիգ թելիկը, ձողաքանոնը եւ կորերը՝ զրոյականի H, հորիզոնական պրոյեկցիաների d եւ վերազանցումների h: Ցանցաթելերի վրա կան նաեւ երկու կարճ հեռաչափական թելիկներ: Տախեոմետրի լրակազմի մեջ մտնում են երկու ծալովի ձողաքանոններ, որոնք օժտված են կլոր հարթաչափով:

2TH տիպի տախեոմետրը կենտրոնադրվում է օպտիկական կենտրոնադրիչի օգնությամբ:

TD դիֆերենցիալ տախեոմետր

Այդ գործիքը կառուցված է T5K թեոդոլիտի հիմքի վրա: Դրա հեռաչափական մասը կազմված է պրիզմայից, որն իրենից ներկայացնում է օպտիկական սեպ: Այդպիսի հեռաչափի աշխատանքի սխեման բերված է (3.5.7 դրվակում):

Ի տարբերություն TH տախեոմետրի TD գործիքը թույլ է տալիս կատարել գծերի չափումն ավելի մեծ ճշտությամբ, որը գնահատվում է 1:5000 հարաբերական սխալով: Սակայն հորիզոնական պրոյեկցիաների չափման տիրույթն ավելի փոքր է՝ 20-180 մետր:

6.7.2 ՏԷ էլեկտրաօպտիկական տախեոմետր

Ժամանակակից էլեկտրոնային տախեոմետրերը կարող են ունենալ ինչպես սովորական աստիճանների բաժանված լիմբեր, այնպես էլ կարող են օժտված լինել կոդային (ծածկագրային) լիմբերով: Հաշվանքները կարող են կատարվել աչքով եւ մտցվել կոմպյուտերի մեջ հատուկ ստեղների օգնությամբ, կամ փոխանցվել ավտոմատ սարքի միջոցով: Կոմպյուտերն աշխատում է տարբեր ծրագրերով, եւ նախնական մշակման արդյունքները կարող են ներկայացնել գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաները, վերազանցումները, ուղղանկյուն կոորդինատների ածերը, զենիթային հեռավորությունները:

Այդ տվյալները կարող են փոխանցվել ցուցասարքի (դիսփլեյի) վրա:

Ներկա ժամանակ Ռուսաստանում արտադրվում է 2TA5 էլեկտրոնային տախեոմետրը :

Դրա տեխնիկական բնութագրերն են.

դիտակի խոշորացում, անգամ	30
հորիզոնական անկյան չափման միջին քառակուսային սխալը	5"
հեռավորությունների (D) չափման միջին քառակուսային սխալը	≤5մմ+3.10^{-6}×Dմմ
ցուցասարքի կրտսեր տարակարգը	1"(360)
անկյունների չափման դեպքում	0,2 մգոն (400 r)
գծերի չափման դեպքում	1 մմ
չափվող մաքսիմալ հեռավորությունը	
մեկ պրիզմայով	800 մ
վեց պրիզմայով	1600 մ
ջերմաստիճանի տիրույթը	-20°C+50°C
զանգվածը (սնման աղբյուրի հետ)	5,5 կգ

Գործիքը նախատեսված է հողային կադաստրի ստեղծման եւ կատարելագործման համար, ինչպես նաեւ խոշոր մասշտաբների հանույթներ կատարելու նպատակով:

Եռանկյունաչափական համակարգը կարող է արտադրվել անկյունները աստիճաններով կամ գրադներով (գոնով) չափելու համար: Գոնը հարթ անկյան չափման միավոր է: Դա հավասար է ուղիղ անկյան 1/100 մասին եւ նշանակվում է Գ-ով: Գ=0,9°=54'=3240"=0,0157 ռադիան: Գրադը բաժանվում է 100 գրադային րոպեների, իսկ 1րոպեն բաժանվում է 100 գրադային վայրկյանների:

Այդպիսի համակարգը հաշվարկներ կատարելու համար ավելի հարմար է:

Հորիզոնական եւ ուղղածիգ շրջանների յուրաքանչյուր բաժանքի գինը հավասար է 1^{գ}, մանրադիտակի սանդղակի բաժանքի գինը հավասար է 0,01^{գ} =0,54': Հաշվանք կարդալու սխալը հավասար է 0,001^{գ} = 3,2":

Հաշվանքները կարելի է գրանցել ինչպես մատյանի մեջ, այնպես էլ մտցնել հաշվարկման սարքի հիշողության մեջ ստեղնաշարի օգնությամբ:

Այժմ Ռուսաստանի եւ Շվեյցարիայի համատեղ ձեռնարկությունը Եկատերինբուրգում արտադրում է TC600E էլեկտրոնային տախեոմետրը, որը ժամանակակից գործիքների շարքի մեջ կարելի է համարել ամենակատարելագործված մոդելներից մեկը: Նման գործիքների մի քանի մոդելներն արտադրվում են նաեւ Շվեյցարիայի "Leica" ֆիրմայի գործարանում: Դրանք են T1100, T1800, TC1100, TC1700, TC1800, TM1100, TM1800, TCA1100, TCA1800, TC600, TC800, TC605L, TC805L, TC905L, TC305 (նկ. 6.14): TC605 տիպի տախեոմետրերը նկարագրված են [28] ձեռնարկում:

Նկարագրված էլեկտրոնային տախեոմետրերը ընդգրկում են միեւնույն գործիքի մեջ օպտիկական թեոդոլիտը, լուսահեռաչափը եւ հաշվիչ մեքենան:

Անհրաժեշտ է նշել նաեւ, որ կան միտումներ անկյունահեռաչափական համալիրներ ստեղծելու ուղղությամբ: Այդպիսի համալիրը մեծ մասամբ իրենից ներկայացնում է օպտիկական թեոդոլիտ (2T2, 2T5, 2T5K) , որի վրա նստեցվում է կոմպակտ լուսահեռաչափը: Հաշվարկների համար օգտագործում են փոքր հաշվիչ մեքենաներ:

Նման անկյունահեռաչափական համալիրներն ունեն որոշակի առավելություններ այն առումով, որ հնարավորություն է ստեղծվում փոխարինել առանձին բլոկներ դրանց շարքից դուրս գալու դեպքում: Դա թույլ է տալիս ավելի երկար ժամանակ պահպանել համալիրի աշխատունակությունը:

Տախեոմետրային ձողաքանոններ

Տախեոմետրային հատուկ ձողաքանոնն օժտված է շարժական մասով, որի օգնությամբ սանդղակի 0-ն հնարավոր է տեղակայել ձողաքանոնի կրնկի նկատմամբ գործիքի i բարձրության վրա: Այդ 0 նիշին ուղղում են նոմոգրամի սկզբնական կորը՝ H-ը, (նկ.6.13): Ձողաքանոնի վրա բաժանքների ձեւը եւ դրանց չափերը կախված են հանույթի մասշտաբից: 1:2000 մասշտաբի դեպքում մանրամասերի հանույթի ժամանակ գործիքից մինչեւ հանույթվող կետերի հեռավորությունը չպետք է գերազանցի 150 մետրը: Այդ հեռավորության վրա չափման սխալը թույլատրվում է մետրի մի քանի տասնորդական մասի չափով: Ելնելով այդ պայմաններից՝ բաժանքի գինը սովորաբար չի գերազանցում 2 սմ-ը: Բաժանքները կառուցվում են քառանկյան տեսքով:

Որպեսզի բաժանքների քանակը երկու կորերի միջեւ հաշվարկվի հնարավոր կարճ ժամանակահատվածում, ձողաքանոնի որոշ մասը բաժանում են 0,5 եւ 1,0 մետրանոց հատվածների:

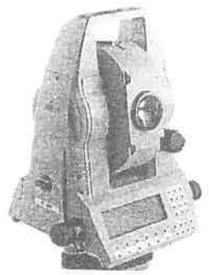
1:10000 մասշտաբով հանույթ կատարելիս թույլատրվում է տեղակայել ձողաքանոնը գործիքից մինչեւ 400 մ հեռավորության վրա: Այս դեպքում գծային թույլատրելի սխալը 1 մետր է, ուստի կարելի է ձողաքանոնի բաժանքի գինն ընդունել 5 կամ 10 սանտիմետր:

Էլեկտրոնային տախեոմետրերի կիրառման դեպքում ձողաքանոնի փոխարեն օգտագործում են թեթեւ ձողի կամ պատվանդանի վրա ամրացվող անդրադարձիչներ նկ 6.14:



TC600
TC800





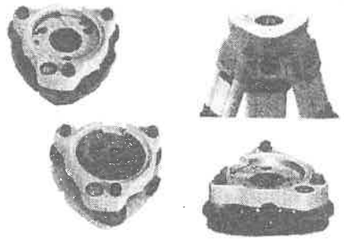
TC1100/L
TC1500/L
TC1700/L
TC1800/L



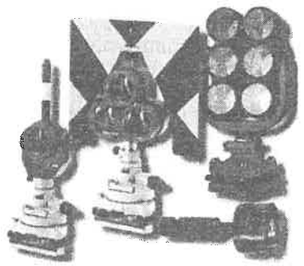
LEICA TC605/L

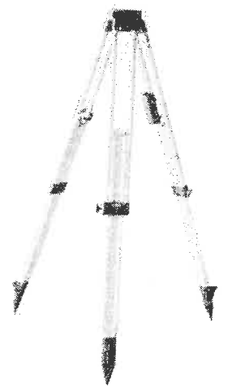


LEICA TC805/L
LEICA TC905/L

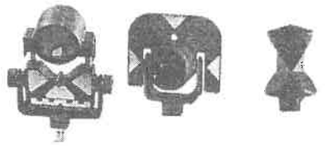








LEICA TC303
TC305/J/S
TC307/J/S



Նկարի վրա (6.14) ցույց են տրված Leica ֆիրմայի կողմից արտադրվող TC տիպի էլեկտրոնային տախեոմետրեր, դրանց լրակազմի մեջ անդրադարձիչներ, կալաններ:

TC605 տիպի գործիքների մանրամասն նկարագրությունը բերված է [28] ձեռնարկում:

Գրականություն

1. Լ.Ն.Մանուչարյան - Գեոդեզիա: Լույս հրատարակչություն, Երեւան, 1974:
2. Մ.Մ.Խաչատրյան - Տոպոգրաֆիայի հիմունքները: Երեւանի Համալսարանի հրատարակչություն, 1974:
3. Ռ.Ռ.Սինանյան, Ա.Կ.Թովմասյան: Գեոդեզիայի եւ աէրոֆոտոհանույթի հիմունքներ: ուս. ձեռնարկ, Երեւանի պոլիտեխնիկական ինստիտուտ, 1990:
4. Ա.Գ.Բեգլարյան: Ինժեներական գեոդեզիա (ձեռնարկ), Երեւանի պոլիտեխնիկական ինստիտուտ, 1985:
5. Ռ.Մովսիսյան, Գ.Վարդազարյան: Գեոդեզիական չափումների արդյունքների մշակումը: Հայաստան հրատարակչություն, 1965:
6. Инженерная геодезия. Под ред. П.С.Закатова, М., Недра, 1976.
7. В.В.Данилов, Л.С.Хренов, Л.С.Кожевников, Н.С.Кононов. Геодезия, М., Недра, 1976.
8. В.И.Борис-Компониец. Геодезия. Маркшейдерское дело. М., Недра, 1989.
9. М.С.Нестеренок. Инженерная геодезия. Минск, Высшая школа, 1986.
10. В.И.Федоров, А.И.Титов, В.А.Холдобиев. Практикум по инженерной геодезии и аэрогеодезии. М., Недра, 1987.
11. Практикум по инженерной геодезии. Под ред. В.Е.Новака. М., Недра, 1987.
12. В.Г.Селиханович. Геодезия. М., Недра, 1981.
13. П.Н.Кузнецов, И.Ю.Васютинский, Х.К.Ямбаев. Геодезическое инструментоведение. М., Недра, 1984.
14. Е.Б.Клюшин, Д.Ш.Михелев. Инженерная геодезия. М., Недра,1990.
15. В.Д.Фельдман, Д.Ш.Михелев. Основы инженерной геодезии. М., Высшая школа, 1999.
16. С.П.Глинский и др. Геодезия. М., Картгеоцентр, Геодезиздат, 1995.
17. Ю.К.Неумывакин, М.И.Перский. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ. М., Картгеоцентр, Геодезиздат, 1996.
18. Ю.К.Неумывакин, А.С.Смирнов. Практикум по геодезии. Картгеоцентр, Геодезиздат, 1995.
19. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1;5000, 1;2000, 1;1000 и 1;500. М., Недра, 1982.
20. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. М., Недра, 1990.
21. Условные знаки для топографических планов масштабов 1;5000, 1;2000, 1;1000, 1;500. М., Недра, 1989.
22. В.Н.Ганьшин, Л.С.Хренов. Тахеометрические таблицы. Гослесбумиздат, 1961.
23. В.В.Баканова, П.И.Фокин. Таблицы приращений координат. М., Недра, 1976.
24. В.Д.Большаков, Ф.Деймлих, А.Н.Голубев, В.П.Васильев. Радиогеодезические измерения. М., Недра, 1985.
25. Р.А.Мовсесян, В.Н.Парыгин, К.С.Гюнашян, В.А.Папян: Высокоточный электрооптический дальномер ДВСД-1200. Журнал "Геодезия и картография" N9, 1973.
26. А.А. Генике, А.М. Афанасьев Геодезические свето-и радиодальномеры. М.,Недра, 1988г.
27. А.В.Маслов, Г.И.Горохов Геодезия, часть III, М., Геодезиздат, 1959г.
28. Мовсесян Р. Акопян А. Пособие по изучению электронных тахеометров типа TC605, TC805, TC905. Ереван 2000.
29. Руководство по топографическим съемкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Наземные съемки. Москва "Недра" 1977 г.
30. Ռ. Մովսիսյան Մ. Վարդանյան: Դասախոսություններ գեոդեզիայի եւ կադաստրային քարտեզագրման հիմունքների վերաբերյալ: IV Կադաստրային քարտեզագրման նպատակով գեոդեզիական հատակագծային ցանցերի ստեղծման եւ հորիզոնական հանույթների կատարման հիմունքները: Երեվան 2001:

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Նախաբան 3

ԳԼՈՒԽ 1. ՆԱԽՆԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1.1. Ներածություն 5
1.2. Պատմական կարճ ակնարկ 7
1.3. Երկրի ձեւը եւ չափերը 8
1.4. Աշխարհագրական կոորդինատների համակարգը 12
1.5. Կետերի բացարձակ եւ հարաբերական բարձրությունները 14
1.6. Երկրի ֆիզիկական մակերեւույթի պատկերումը հարթության վրա: Պրոյեկցիոն եղանակ 16
1.7. Երկրագնդի կորության ազդեցությունը հորիզոնական հեռավորությունների վրա 18
1.7.1. Երկրագնդի կորության ազդեցությունը կետերի բացարձակ բարձրությունների եւ վերազանցումների վրա 19
1.8. Հատակագիծ 20
1.9. Մասշտաբներ 22
1.9.1. Գծային մասշտաբ 23
1.9.2. Լայնական մասշտաբ 23
1.10. Հատակագծերի, քարտեզների եւ գեոդեզիական (շինարարական) գծագրերի վրա օգտագործվող պայմանական նշաններ 26
1.11. Գծերի կողմնորոշումը տեղանքի վրա 30
1.11.1. Ազիմուտներ եւ ռումբեր 32
1.11.2. Ուղիղ եւ հակադարձ ազիմուտ: Մերձեցման անկյուն 34
1.11.3. Դիրեկցիոն անկյուններ 36
1.11.4. Հասկացողություն աստղագիտական ազիմուտի չափման մասին 38
1.11.5. Բուսոլ 38
1.12. Հասկացողություն քարտեզներ կազմելու մասին 40
1.12.1. Տեղագրական քարտեզներ եւ դրանց կառուցման սկզբունքը 41
1.12.2. Սֆերիկ ուղղանկյուն կոորդինատներ 43
1.12.3. Գաուսի պրոյեկցիան 44
1.12.4. Գաուսի պրոյեկցիայի օգտագործումը տեղագրական քարտեզներ ստեղծելու համար 47
1.12.5. Կոորդինատային ցանց 50
1.13. Տեղագրական քարտեզների եւ հատակագծերի թերթերի կտրատման համակարգը: Քարտեզների անվանակարգը 52
1.14. Ռելիեֆի արտահայտումը հատակագծերի եւ քարտեզների վրա 58
1.14.1. Ռելիեֆի արտահայտման եղանակները 59
1.14.2. Հորիզոնականների կառուցումը հատակագծերի եւ քարտեզների վրա 64
1.15. Տեղագրական քարտեզների եւ հատակագծերի վրա լուծվող խնդիրները 67
1.16. Ճարտարագիտական խնդիրների լուծումը հորիզոնականների օգնությամբ 68
1.17. Թվանշանային եւ էլեկտրոնային քարտեզներ 72

ԳԼՈՒԽ 2. ԳԵՈԴԵԶԻԱԿԱՆ ՉԱՓՈՒՄՆԵՐԻ ՍԽԱԼՆԵՐԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ

2.1. Հասկացողություն չափումների մասին 73
2..2. Ուղղակի եւ անուղղակի չափումներ 73
2.3. Հավասարաճիշտ եւ անհավասարաճիշտ չափումներ 74
2.4. Անհրաժեշտ եւ լրացուցիչ չափումներ 74
2.5. Չափումների սխալները 74
2.6. Կոպիտ սխալներ 75
2.7. Սիստեմատիկ սխալներ 76
2.8. Պատահական սխալներ 76
2.9. Չափման արդյունքների ճշտության գնահատումը 79
2.9.1. Միջին քառակուսային սխալը 79
2.9.2. Սահմանային սխալը 82
2.9.3. Հարաբերական սխալը 83
2.10. Միջին թվաբանականի սկզբունքը 83
2.11. Չափվող մեծությունների ֆունկցիաների միջին քառակուսային սխալները 84
2.12. Հավասարաճիշտ չափումների հավանական սխալները 91
2.13. Միջին քառակուսային սխալի հաշվումը հավանական սխալների օգնությամբ 91
2.14. Միեւնույն մեծության հավասարաճիշտ կրկնակի չափումներից ստացված արդյունքների միջին քառակուսային սխալի որոշումը 93
2.15. Միեւնույն մեծության հավասարաճիշտ չափումների արդյունքների մշակումը 95
2.16. Անհավասարաճիշտ չափումների արդյունքների մշակումը 96
2.16.1. Միջին թվաբանականի կշիռը 98
2.16.2. Կշռային միջինը կամ ընդհանուր միջին թվաբանականը 98
2.17. Անհավասարաճիշտ չափումների ամենահավանական սխալների հատկությունները 100
2.18. Միավոր կշիռ ունեցող միջին քառակուսային սխալի որոշումը ամենահավանական սխալների օգնությամբ 100
2.19. Չափված մեծությունների ֆունկցիաների կշիռները 101
2.20. Չափման արդյունքների միջակայքային գնահատումը 102
2.21. Անկյունային չափումների ճշտության գնահատումը բազմանկյուններում, եռանկյուններում եւ ընթացքներում առաջացած անկապքների հիման վրա 104
2.22. Գեոդեզիական հաշվումների հիմունքները, ընդհանուր կանոններ 105
2.23. Թվաբանական գործողություններ մոտավոր թվերից օգտվելիս: Թվերի կլորացումը 107

ԳԼՈՒԽ 3. ԳԾԱՅԻՆ ԵՎ ԱՆԿՅՈՒՆԱՅԻՆ ՉԱՓՈՒՄՆԵՐ

3.1. Գծային չափումներ 110
3.1.1. Կետերի ամրացումը տեղանքի վրա եւ գծերի նշաձողումը 110
3.1.2. Գծերի անմիջական չափման համար օգտագործվող սարքերը 112
3.1.3. Չափիչ սարքերի կոմպարացումը (համեմատումը) 114
3.1.4. Գծերի չափումը ժապավենով եւ չափերիզով 117
3.1.5. Թեք գծերի հորիզոնական պրոյեկցիաների որոշումը 118
3.2. Գծերի թեքության անկյունների չափումը թեքաչափով (էկլիմետրով) 121
3.3. Էքերներ 123
3.4. Հորիզոնական անկյունների չափման սկզբունքը 126
3.5. Ժամանակակից օպտիկական թեոդոլիտի մասերի կառուցվածքը 129
3.5.1. Պատվանդանը եւ դրա ամրացումը կալանի հետ 129
3.5.2. Կալանի կառուցվածքը 130
3.5.3. Թեոդոլիտի միջին մասը 131
3.5.3.1. Ուղղաձիգ առանցքների համակարգը 133
3.5.3.2. Հորիզոնական առանցքների համակարգերը 134
3.5.3.3. Հաշվանք կարդալու համակարգերը 135
3.5.4. Հարթաչափեր 139
3.5.4.1. Գլանաձեւ հարթաչափի ստոգումը 142
3.5.5. Խոշորացույցներ, մանրադիտակներ, դիտակներ 145
3.5.5.1. Խոշորացույցներ եւ մանրադիտակներ 145
3.5.5.2. Դիտակներ 146
3.5.5.3. Դիտակի խոշորացումը, տեսողության դաշտը 148
3.5.5.4. Ներքին ֆոկուսացումով դիտակներ 150
3.5.6. Թելային հեռաչափ 151
3.5.6.1. Թելային հեռաչափի տեսությունը 152
3.5.6.2. Թեք գծի հորիզոնական պրոյեկցիայի որոշումը հեռաչափով 155
3.5.7. Կրկնակի պատկերով օպտիկական հեռաչափեր 156
3.5.8. Հասկացողություն էլեկտրամագնիսական հեռաչափերի մասին 159
3.5.9. Թեոդոլիտի ուղղաձիգ շրջանը: Դրա կառուցվածքը եւ օգտագործումը 164
3.6. Թեոդոլիտների տեսակները 170
3.6.1. Թեոդոլիտի հետազոտումները 178
3.6.2. Թեոդոլիտի ստուգումները եւ ճշտադրումները (ուղղումները) 179
3.7. Հորիզոնական անկյունների չափման եղանակները 186
3.7.1. Առաձգին անկյան չափումը նվագների եղանակով 187
3.7.2. Շրջանային նվագների եղանակը 188
3.7.3. Կրկնումների եղանակ 191
3.7.4. Հորիզոնական անկյունների չափման ճշտությունը 193

ԳԼՈՒԽ 4. ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՀԱՏԱԿԱԳԾԱՅԻՆ ԳԵՈԴԵԶԻԱԿԱՆ ՑԱՆՑԵՐԻ ԵՎ ՀԱՆՈՒՅԹՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ: ԹԵՈԴՈԼԻՏԱՅԻՆ ՀԱՆՈՒՅԹ

4.1. Գեոդեզիական ցանցերի կառուցման սկզբունքը 195
4.2. Պետական գեոդեզիական հատակագծային ցանց 197
4.2.1. Ելման գեոդեզիական տվյալներ: 1942 թ. գեոդեզիական համակարգը 200
4.3. Խտացման գեոդեզիական ցանցեր 202
4.4. Ընդհանուր տեղեկություններ հանույթային ցանցերի եւ գեոդեզիական հանույթների մասին 205
4.5. Թեոդոլիտային հանույթ 206
4.5.1. Հանույթային ցանցեր, թեոդոլիտային ընթացքներ 207
4.5.2. Թեոդոլիտային ընթացքների նախագծումը 209
4.5.3. Ոչ մեծ տեղամասի թեոդոլիտային հանույթ 212
4.5.4. Հանույթի շրջանցման եղանակ: Գծերի չափումը 213
4.5.5. Տեղամասի իրադրության հանույթը 219
4.5.6. Հորիզոնական հանույթի դաշտային նյութերի մշակումը: Ուղիղ եւ հակադարձ գեոդեզիական խնդիրներ 228
4.5.7. Դիրեկցիոն անկյան փոխանցումը թեոդոլիտային ընթացքի գծին եւ կոորդինատների փոխանցումը ընթացքի գագաթներին 232
4.5.8. Թեոդոլիտային ընթացքների մշակումը 233
4.5.9. Կայուն կողմերի վրա հենվող թեոդոլիտային ընթացքի գծերի դիրեկցիոն անկյունների հաշվարկումը 235
4.5.10. Թեոդոլիտային ընթացքների գագաթների ուղղանկյուն կոորդինատների որոշումը 236

4.5.11. Անկյունագծային ընթացք 239
4.5.12. Տեղամասի եզրագծային հատակագծի կառուցումը 244
4.6. Հանույթային ցանցի զարգացումը մանրաեռանկյունավորման եւ հատումների եղանակով 246
4.7. Հատակագծերի եւ տեղագրական քարտեզների ճշտության բնութագիրը 248
4.8. Հորիզոնական հանույթի իրականացումը կադաստրային քարտեզագրման նպատակով 250
4.9. Էլեկտրոնային տախեոմետրերի կիրառումը հանույթային ցանցեր ստեղծելու նպատակով 252
4.9.1. Բազմանկյունաչափության ընթացքի ճշտության գնահատումը 252
4.9.2. Բազմանկյունաչափության ընթացքի երկայնական եւ լայնական սխալները 257
4.9.3. Բազմանկյունաչափության ընթացքի վերջին կետի դիրքի միջին քառակուսային սխալը 258
4.9.4. Կախված ընթացքի թույլատրելի երկարության (ճշտության) հաշվարկումը 264
4.10. Հողային կադաստրի գեոդեզիական ապահովումը 264
4.10.1. Հիմնական տեղեկություններ հողային կադաստրի մասին 264
4.10.2. Կադաստրի համար անհրաժեշտ գեոդեզիական աշխատանքների կազմը 265
4.10.3. Տեղամասերի սահմանների եւ մակերեսների որոշումը 266

ԳԼՈՒԽ 5. ՄԱԿԵՐԵՍՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

5.1. Վերլուծական եղանակ 268
5.2. Գրաֆիկական եղանակ 269
5.3. Մակերեսների չափման մեխանիկական եղանակը: Պլանիմետր (մակերեսաչափը) 271
5.3.1. Պլանիմետրի բաժանքի գինը, դրա հաստատունը, մակերեսների հաշվման համար բանաձեւերը 273
5.3.2. Պլանիմետրի գ հաստատունի որոշումը 275
5.3.3. Պլանիմետրի ստուգումները 276
5.4. Մակերեսների որոշման ճշտությունը 277
5.4.1. Հասկացողություն գրաֆիկական ճշտության մասին 277
5.4.2. Հատվածների երկարությունների եւ գծերի ուղղությունների որոշման ճշտությունը հատակագծի վրա 277
5.4.3. Հատակագծի վրա կետի դիրքի որոշման միջին քառակուսային սխալը (mt-ն) 278
5.4.4. Հատակագծի վրա գծի ուղղությունը որոշելու ճշտությունը 278
5.4.5. Հատակագծի վրա երկու ուղղություններով կազմված անկյան միջին քառակուսային սխալը 279
5.4.6. Հատակագծի վրա եզրագծերով սահմանափակված մակերեսների որոշման ճշտությունը 279
5.4.7. Գծերի եւ մակերեսների աղավաղումը Գաուսի պրոյեկցիայում 280
5.4.8. Վերլուծական եղանակով հաշված մակերեսի ճշտությունը 282
5.4.9. Գրաֆիկական եղանակով որոշված մակերեսի ճշտությունը 283
5.4.10. Թույլատրելի անկապքները մակերեսների գումարի մեջ 283

ԳԼՈՒԽ 6. ՏԱԽԵՈՄԵՏՐԱՅԻՆ ՀԱՆՈՒՅԹ

6.1. Տախեոմետրային հանույթի էությունը, դրա յուրահատկությունները 286
6.2. Եռանկյունաչափական մակարդակաչափում (մակարդակաչափում թեք ճառագայթի օգնությամբ) 287
6.3. Երկրագնդի կորության եւ լուսաբեկման ազդեցությունը 288
6.4. Տախեոմետրային բանաձեւեր 290
6.5. Եռանկյունաչափման մակարդակաչափման ճշտությունը տախեոմետրային հանույթի ժամանակ 292
6.6. Տախեոմետրային հանույթի կատարումը 294
6.6.1. Թեոդոլիտային մակարդակաչափային ընթացքներ 295
6.6.2. Թեոդոլիտային բարձունքային ընթացքները 296
6.6.3. Տախեոմետրային ընթացքներ 299
6.6.4. Տեղանքի իրադրության եւ ռելիեֆի հանույթը 302
6.6.5. Տախեոմետրային հանույթի մատյանի մշակումը 304
6.6.6. Հատակագծի վրա ռելիեֆի արտահայտման ճշտությունը 305
6.7. Տախեոմետրային հանույթ կատարելու համար օգտագործվող գործիքներ (տախեոմետրեր) 305
6.7.1. 1TH եւ 2TH նոմոգրամային տախեոմետրերը 306
6.7.2. Էլեկտրոնային տախեոմետրեր 308

Տպագրված է՝
ՀՀ կառավարությանն առընթեր անշարժ գույքի կադաստրի պետական կոմիտեի «Հրատարակչական կենտրոն» ԴՓԲԸ
ք. Երևան, Նանսենի նրբ. 8/2

Ծավալը՝ 39 տպագրական մամուլ
Տպաքանակը՝ 350 օրինակ