

ЖОҒАРЫ



БІЛІМ

М. Нұрпейісова, Қ. Рысбеков

Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар

Оқулық

FOLIANT
БАСПАҒЫ

Астана-2013

УДК 528 (075.8)
ББК 33.12 я 73
Н 86

*Баспаға Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті
жанындағы «Геология, мұнай-газ және геодезия» мамандықтары тобының оқу-
әдістемелік секциясы (№1 хаттама, 25.10.2011 жыл) ұсынған*

Пікір жазғандар:

Қалабай Н.Б. – техника ғылымдарының докторы, профессор;

Егілманов А.А. – техника ғылымдарының кандидаты, профессор

Н 86 **Нұрпейісова М., Рысбеков Қ.**
Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар: Оқулық. – Астана: Фолиант,
2013. – 192 б.

ISBN 978-601-282-691-0

Оқулықта геодезиялық-маркшейдерлік аспаптар, олардың метрологиялық қамтамасыз етілуі, техникалық сипаттамалары, негізгі конструкциялық ерекшеліктері, аспаптармен өлшеу әдістері, есептеулері және олардың нәтижелерінің дәлдігін бағалау жөнінде жалпы мәлімет берілген.

Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың стандарты, қазіргі заманғы спутниктік глобалды және навигациялық жүйелер, лазерлік сканерлер, электрондық теодолиттер мен тахеометрлер және сандық, лазерлік нивелирлердің оптикалық және механикалық құрылымдары толық қамтылған.

Оқулық 050711 – «Геодезия және картография», 050903 – «Жерге орналастыру» және 050707 – «Маркшейдерия» мамандықтары бойынша оқу бағдарламасының негізінде дайындалған.

Оқулық геодезия пәнін оқып-үйренетін тау-кен, геологиялық барлау, мұнай, құрылыс мамандықтарын даярлайтын жоғарғы оқу орындарының студенттеріне арналған.

УДК 528 (075.8)
ББК 33.12 я 73

ISBN 978-601-282-691-0

© Нұрпейісова Н., Рысбеков Қ., 2013
© «Фолиант» баспасы, 2013

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	5
1-тарау. «Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар» пәні туралы жалпы мәлімет	
1.1. «Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар» пәнінің мазмұны, мақсаты мен міндеттері.....	6
1.2. «Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар» пәнінің басқа ғылымдармен байланысы.....	7
1.3. Геодезиялық аспаптар жасау тарихы	8
1.4. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптарға қойылатын негізгі талаптар.....	10
1.5. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың жүйелері мен стандарттары	12
2-тарау. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың оптикалық бөліктері	
2.1. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптарда қолданылатын геометриялық оптиканың негізгі заңдары.....	19
2.2. Аспаптарда қолданылатын оптикалық жүйелер.....	20
2.3. Аспаптардың оптикалық бөліктері.....	28
2.4. Көру дүрбісін зерттеу	32
3-тарау. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері	
3.1. Теодолиттің осьтік құрылғысы	36
3.2. Теодолиттің қысып кою және жетекші бұрандалары.....	37
3.3. Теодолиттің тексерулері және түзету жолдары.....	39
3.4. Нивелирдің осьтік құрылғысы мен механикалық бөліктері	41
3.5. Нивелирдің тексерулері мен түзету жолдары.....	43
3.6. Штативтер, консольдар және центрлеу құрылғылары	45
3.7. Деңгейлер.....	46
3.8. Теодолиттердің есеп алу құрылғылары	47
3.9. Шкалалы микроскопты зерттеу	49
3.10. Горизонталь дөңгелек алидадасының эксцентриситетін зерттеу.....	50
4-тарау. Қазіргі заманғы теодолиттер	
4.1. Теодолиттер туралы мәлімет.....	53
4.2. 3Т сериялы теодолиттер	53
4.3. Carl Zeiss (Германия) теодолиттері.....	55
4.4. 4Т сериялы оптикалық теодолиттер.....	56
4.5. Электронды теодолиттер.....	57
5-тарау. Қазіргі заманғы нивелирлер	
5.1. Нивелир конструкцияларының ерекшеліктері, олардың сипаттамалары.....	61
5.2. Нивелирлік рейкалар, олардың тексерулері	62
5.3. Оптикалық нивелирлер.....	64
5.4. DiNi 12/12t/22 сандық нивелирі.....	66
5.5. Лазерлі нивелирлер.....	72

6-тарау. Жерасты бағдарлау аспаптары

6.1. Гироскоптық аспаптар	74
6.2. Жерасты қазбаларына бағыт беру аспаптары	77

7-тарау. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштері

7.1. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштер теориясы	79
7.2. Жарық қашықтық өлшеуіштердің жіктелуі.....	80
7.3. «Топаз» СП2 жарық қашықтық өлшеуіші	81
7.4. Шағылдырғыш	82
7.5. Шағылыспайтын қашықтық өлшеуіштер туралы жалпы мәліметтер	84
7.6. Өндірістегі геодезиялық жұмыстарда лазерлік қашықтық өлшеуішті қолдану әдістері	85

8-тарау. Электронды тахеометрлер

8.1. Электронды тахеометрдің конструкциялық ерекшеліктері, құрылысы және жұмыс істеу тәртібі	88
8.2. Электронды тахеометрдің түрлері.....	90
8.3. 3T 5PM электронды тахеометрінің құрылысы және онымен жұмыс істеу тәртібі.....	104
8.4. Leica TPS-300 сериялы тахеометр	108
8.5. TPS-400, Leica TS 407/405/403 сериялы электронды тахеометрлері	111
8.6. Leica TPS-1200 сериясының тахеометрі	111
8.7. TPS-1200 тахеометрлердің сипаттамалары мен мүмкіндіктері.....	114
8.8. TCR1205 R100/300 модельдері	118

9-тарау. Ғарыштық бағдар жүйелерінің аспаптары (GPS)

9.1. Жерсеріктік навигациялық жүйе аспаптары	122
9.2. Жерсеріктік радионавигациялық жүйе координаталарын анықтаудың принциптері.....	126
9.3. Жасанды серікке дейінгі қашықтықты өлшеу.....	128
9.4. Позициялаудың дифференциалдық әдісі	130
9.5. GPS -қабылдағыштары	132
9.6. GPS қабылдағыштарын қолдану салалары	148
9.7. GPS өлшеулердің әдістері	164
9.8. GPS-тің жұмыс істеу тәртібі	165

10-тарау. Лазерлік сканерлер

10.1. Лазерлік сканерлердің ерекшеліктері	169
10.2. ScanStation лазерлік сканері.....	172
10.3. SHDS6000 сканері	176
10.4. Riegl – лазерлік сканері	177

Глоссарий.....	179
Әдебиеттер	190

КІРІСПЕ

«Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар» оқулығында қазіргі кездегі геодезиялық-маркшейдерлік жұмыстарда кеңінен қолданылып жүрген геодезиялық аспаптар мен құрал-жабдықтардың техникалық сипаттамалары, құрылысы және олармен жүргізілетін геодезиялық өлшеулердің әдістері баяндалған.

Геодезиялық, геологиялық, маркшейдерлік, тау-кен, метро салу, жерге орналастыру, қалалық кадастр, картографиялық және т.б. жұмыстар оптикалық-механикалық, электрондық, аэрофототүсіріс аспаптарынсыз өз шешімін таба алмайды. Сондықтан инженер-маркшейдерлік және геодезист мамандығын игеру қазіргі заманғы геодезиялық аспаптар саласында жоғары деңгейдегі біліктілік пен білімділікті қажет етеді.

Геодезия және маркшейдерлік іс ғылымдары мен техниканың соңғы он жыл ішінде қарқынды дамуы, бұл салаға көптеген электронды аспаптарды әкелді. Осы тұрғыдан қарағанда, болашақ мамандар алдында орасан зор міндеттер тұрғаны белгілі. Сондықтан оқулықта алғаш рет қазіргі заманғы жетік аспаптар, олардың жүйелері мен стандарттары туралы мәліметтер беріліп отыр және онда автордың өзінің қатысуымен құрастырылған сөздіктер, кеңінен қолданыла бастаған геодезиялық терминдер де толығымен пайдаланылды. Оқулықта берілген материалдарды меңгерудің өзі, геодезиялық аспаптарды игерудің тиімділігін арттырып, атқарылатын жұмыстардың сапасын жоғарылатады деген сенімдеміз. Әрбір тараудың соңында өзіндік тексеру сұрақтары келтірілген. Мұның бәрі, әлбетте, студенттердің, оның ішінде қашықтықтан сырттай оқып-үйренетін студенттердің оқу материалдарын аудиториядан тыс игеруіне өте үлкен септігін тигізеді.

1-ТАРАУ. «ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МАРКШЕЙДЕРЛІК АСПАПТАР» ПӘНІ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТ

1.1. «Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар» пәнінің мазмұны, мақсаты мен міндеттері

Бірнеше километрге созылған объектілерді өлшеуге, түсіруге қажет жабдықтарға геодезиялық аспаптар жатады. Олар геодезиялық өлшеу жұмыстарын құрлықта, теңізде, ғарыштың әр түрлі жағдайларында жүргізуге арналған.

Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптар геодезиялық мемлекеттік тораптарды құрғанда және аймақтарды карталармен қамтамасыз еткенде; инженерлік зерттеулерде, құрылыстар салу мен пайдалануда; геологиялық жұмыстарды қамтамасыз етуде; жерге орналастыруда және орман шаруашылығында; заттық геометриялық параметрлері мен кеңістік бағыттарын тексеретін аспаптарды жасауда; ғылымның әр түрлі салаларында және мемлекетті қорғауда кеңінен қолданылады. Қазіргі заманғы геодезиялық аспаптар дәлдігі

жоғары оптикалық-механикалық және оптикалық-электрондық аспаптар болып келеді.

Геодезиялық-маркшейдерлік далалық және камералдық жұмыстарда атқаратын міндеттері мен құрамына қарай әр түрлі аспаптар қолданылады. Олардың көпшілігі – өлшеу мен есептеудің күрделі процестерін автоматтандыратын есептеу механизмдері, электрондық, радио-техникалық құрылғылары бар дәл және дәлдігі жоғары оптикалық немесе оптикалық механикалық аспаптар. Сол себептен мұндай аспаптарды оқып-үйрету, игеру үшін олардың құрылымдарының теориялық және зерттеу әдістері туралы жан-жақты білім алу қажет.

«Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптар» пәні «Геодезия және картография», мамандығына ғана емес, «Маркшейдерлік іс» мамандығы студенттерінің негізгі пәні болып есептеледі. Сол себептен бұл оқулық осы мамандықтардың оқу бағдарламаларына сәйкес жазылған.

Пәнді оқып-үйренудегі негізгі мақсат – студенттерді жер бетінде, жер астында, су астында, ғарыштан жүргізілетін барлық топографиялық түсірістер мен инженерлік-геодезиялық жұмыстарды жүргізуде әр түрлі аспаптарды қолданып, өз бетімен жұмыс істей білуге үйрету.

Студенттердің бұл пәнді 2 және 3-курстардан бастап оқуы, олардың болашақ мамандықтарына деген көзқарастарын қалыптастырумен қатар, кейінгі курстарда «Геодезия», «Инженерлік геодезия», «Маркшейдерлік іс», «Жоғарғы геодезия», «Ғарыштық геодезия», «Жерсеріктік навигациялық жүйелер» және «Геодезиялық өлшеу нәтижелерін математикалық өңдеу» сияқты пәндерді жақсы игерудің негізін қалайды. Пәнді меңгерудегі негізгі міндеттер:

- студенттерге геометриялық оптикадан аспаптар жасауға қажет теориялық және практикалық білім беру;
- студенттерді аспаптардың оптикалық-механикалық және оптикалық-электрондық бөліктерімен таныстыру;
- аспаптардың стандарттары, тексеру, зерттеу әдістері туралы біліммен қаруландыру;
- дәстүрлі және қазіргі заманғы геодезиялық аспаптармен жұмыс істеуге үйрету;
- өлшеу нәтижелерін өңдеу әдістерін меңгеру.

Сонымен, бұл пәнді игеру сатыларында студент геодезиялық аспаптардың құрылысымен танысады. Оның нәтижесінде әр түрлі жағдайда геодезиялық өлшеулер жүргізуге дағыланады. Оқулық бір-бірімен байланысты бірнеше тараудан тұрады. Әрбір тараудың соңында өзіндік тексеру сұрақтары келтірілген.

Геодезиялық аспаптардың негізі болып есептелетін оптикалық және механикалық бөліктері, сызбанұсқалары, есептеу формулалары және сынақ кестелерімен толықтырылған.

1.2. «Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар» пәнінің басқа ғылымдармен байланысы

Алдына қойылған міндеттерін атқаруда «Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптар» пәні физика, механика, электроника, геодезия, жоғары геодезия, ғарыштық геодезия, радиоэлектроника ғылымдарының деректеріне сүйенеді (1.1-сурет).

Физика геодезиялық аспаптар мен жүйелерді жобалау есептерінің негіздерімен толықтырады. Геодезиялық аспаптар – автоматика, телемеханика және радиоэлектроника салаларындағы ғылым мен техника жетістіктері негізінде құрастырылады.

Қазіргі кездегі аспаптар қарапайым геодезиялық өлшеу жұмыстарын жүргізу шеңберінен әлдеқашан



1.1-сурет. *Геодезиялық аспаптардың басқа ғылыми пәндермен байланыс сұлбасы*

шыққан. Олар күрделі ғылыми, ғылыми-техникалық және инженерлік мәселелерді шешуде қолданатын аспаптар дәрежесіне көтеріліп әрі қарай дамитыны сөзсіз.

1.3. Геодезиялық аспаптар жасау тарихы

М.В. Ломоносов, В.Я. Струве, В.Ф. Гербет, Д.Д. Геденов, К.И. Темпер, П.А. Чебылов пен А.Н. Крыловтар және т.б. орыс ғалымдары мен инженерлері, өнертапқыштары геодезиялық аспаптарды жасауды қолданбалы ғылым ретінде қарап, геодезиялық жаңа аспаптар жасауда елеулі еңбек етті.

Геодезиялық аспаптарды жасап шығару Ресейде 1919 жылы басталды. 1923 жылы әскери топографиялық шеберхана негізінде «Геодезия» зауыты құрылды. Сөйтіп, алғаш теодолиттер, мензулалар, нивелирлер шығарылды. 1927 жылдан бастап «Геофизика» атты басқа оптикалық-механикалық кәсіпорын дүрбілі ТТ-30 теодолитін, ал 1930 жылдары ОТ және ОТ-10 теодолиттерін шығара бастады.

1928 жылы Мемлекеттік геодезия және картография институты (ЦНИИГАиК) ұйымдастырылды. Ол жаңа геодезиялық аспаптарды даярлап зерттеуде, геодезиялық өлшеу әдістерін жасауда маңызды рөл атқарды. Институттың ең алғашқы директоры әрі

ғылыми жетекшісі көрнекті орыс ғалымы, геодезист, профессор Ф.Н. Красовский болды. Ол геодезиядағы ғылыми зерттеулердің көпжылдық болашағын алдын ала анықтады.

1932 жылы Ленинградта маркшейдерлік Бүкілодақтық I съезі өтіп, ондағы басты мәселе Ленинградта И.М. Бахуриннің жетекшілігімен маркшейдерлік істің Одақтық ғылыми-зерттеу институтының (ВНИИ-МИ) құрылуы болды. Бүгінде ВНИИ-МИ – тау-кен өнеркәсібіндегі алдыңғы қатарлы институттардың бірі. Міне, сол жылдардан бері маркшейдерлік-геодезиялық аспаптарды жасап шығару күннен-күнге дамып келе жатыр. 1958 жылы ЦНИИГАиК-да В.М. Назаровтың басшылығымен 1 классты полигонометрия жақтары мен триангуляцияның базистік жақтарын өлшеуге арналған геодезиялық жарық қашықтық өлшеуіш ЭОД-1 жасалды. Аспаптардың осы тобында кейін (1967) П.Е. Лазановтың (ЦНИИГАиК) басшылығымен гелий-неонді лазерлі «Кварц» жарық қашықтық өлшеуіш жасалды. Аспаптың әрекет ету қашықтығы – 30 км, өлшеу қателігі $(2+2\cdot 10^{-6}D)$ см.

1970 жылдары топографиялық жарық қашықтық өлшеуіш ретінде қашықтық өлшеуіш бөлікті теодолитпен (көзбен шолу немесе кодты) біріктіру тенденциясы пайда болды. Осындай синтез нәтижесінде әр

түрлі елдерде электронды тахеометрлер (жартылай автоматты немесе автоматты) жасалды. Ол әмбебап геодезиялық аспап болып саналды. Автоматты электронды тахеометр жасау кезінде бұрын бұрыш өлшеуіштерді ғана автоматтандыруға арналған, кодты теодолит конструкцияларына салынған белгілі техникалық шешімдер қолданылды. Көптеген электронды тахеометрлер қондырылған микропроцессорлармен (есептегіштер) жабдықталды.

Геодезиялық аспаптар жасаудағы аспаптарды әмбебаптауға байланысты бағыттардың дамуы, қолданбалы геодезияда жұмыс көлемінің едәуір артуына байланысты. Геодезияның осы бағытының қалыптасуының бірінші кезеңінде арнайы аспаптардың жоқтығынан, өлшеу жұмыстарының көп бөлігі неше түрлі қарапайым құралдармен толықтырылған дәстүрлі құрал-жабдықтар арқылы орындалды.

Геодезиялық аспаптар жасауға жаңа принциптерді енгізу, аспаптардың тип өлшемдік қатарын жетілдіру және олардың сапасын жақсарту ЦНИИГАиК жасаған сериялы шығарылатын аспаптардың негізгі түрлеріне қолданылатын мемлекеттік стандартты енгізуге әсер етті.

Шығарылатын геодезиялық аспап номенклатурасын реттеуде көрсетілетін стандарт талаптарын іске асыру тиімділігіне – геодезиялық

техниканы жобалау, дайындау және қолданумен айналысатын ғалымдар мен мамандар еңбегінің арқасында қол жетті. Осындай жұмыстар бұл кезде бірқатар шетелдерде ұлттық және фирмалық стандарттар деңгейінде жүргізілді.

Соңғы кезде электронды тахеометрлердің қолданысқа енуі – бұрынғы қарапайым аспаптардың автоматтандырылуының арқасында іске асуда. Автоматтандырылған аспаптарда жұмыс нысанаға көздеу модулі мен радиокоммуникациялық тетіктер арқылы жүргізіледі. Бұлардың көмегімен аспап – бақылау нүктесіне автоматты түрде көзделеді, қажетті командалардың барлығын оператор дистанциялық басқару жүйесі арқылы жіберіп отырады. Мұндай аспаптармен түсіріс жүргізілген кезде нысаналарды кодтау, камералдық жұмыстарға кететін уақытты азайтады. Бөлу жұмыстары кезіндегі артықшылығы – шағылыстырғыштағы есептелетін реттегіштер жобаға нақты уақытта келтіріледі. Қазіргі таңда электронды тахеометрлерді шығаратын жеті шетелдік фирманың төртеуі (еуропалық *Spectra Precision*, *Leica*, *Zeiss* және *Topcon*) дәл осы типті аспаптар жасайды. Қазіргі кезде тахеометр-автоматтардың бірнеше түрлері шығарылуда. Олар тек автоматты түрде нысанаға көздеу құрылғыларымен жабдыкталудан басқа

объектінің орналасқан жерін анықтайтын компьютерлік технологиясы бар элементтен тұрады. Оған *ATS Geodimeter* тахеометрі жатады. Оның ерекшелігі – «әдеттегі роботтарға» карағанда жүйесінің ашықтығы. Қазіргі электрондық тахеометрлер көптеген қосымша командалармен қамтылған. Олар аспапты қашықтықтан басқаруға және команданы кез келген компьютерден радиомодем арқылы беруге бейімделген.

Қазіргі геодезиялық-маркшейдерлік аспаптар жасайтын зауыттар өндірісі дамыған елдерде қарқынды дамуда. Қазақстанда әзірге карта жасайтын фабрика іске қосылып, ал аспаптар даярлайтын зауыт жоспарлануда. Сол себептен, біздер шетелдің геодезиялық аспаптарын сатып алып, олардың аспап жасаудағы стандарттарын пайдалануға мәжбүрміз. Ең күшті дамыған аспап жасайтын фирмаларға Ресейдің «Орал оптикалық-механикалық зауыты», Германияның «Карл-Цейс Йена», «Оптон», Швейцарияның «Leica», жапондық «Nikon», «Sokkia» «Topcon», американдық «Trimble» және т.б. жатады.

1.4. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптарға қойылатын негізгі талаптар

Геодезиялық аспаптарға қойылатын жалпы техникалық талаптар

Ресейдің «Геодезиялық аспаптар. Жалпы техникалық талаптар» атты 23543-79 стандарттары арқылы анықталады.

Геодезиялық аспаптарды пайдалануға қажетті жағдайлар: қоршаған ортаның температурасы $-20\pm 5^{\circ}\text{C}$; салыстырмалы ылғалдылық $60\pm 20\%$; атмосфералық қысым 760 ± 25 мм сын. бағ.; жұмыс кеңістігіндегі ауаның ең жоғары жылдамдығы – 0,2 м/сек, діріл жиілігі – 30 Гц; діріл күшеюінің амплитудасы $0,2$ м/сек² болуы керек.

Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптарды пайдалануда негізгі жұмыс жағдайларының ауқымы (диапазоны) әрқилы. Дәлдігі жоғары геодезиялық аспаптармен – 25°C -тан $+50^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі температурада және 35%-ға дейінгі салыстырмалы ылғалдылықта жұмыс істеуге болады. Басқа көптеген аспаптар – 40°C -тан $+50^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі температура мен 98% ылғалдылықта пайдаланылады.

Аспаптармен жұмыс оларды штативке, геодезиялық белгіні бағанаға бекіту кезінде орындалуы мүмкін. Тек кейбір аспаптарға атмосфералық жауын-шашын мен Күн радиациясының тікелей әсерінен қорғайтын қалқанын (тент, шатыр) колдану қажет.

Геодезиялық өлшеу жүргізудің технологиялық жағдайлары әр түрлі геодезиялық аспаптар үшін тәулік бойы бірдей уақытта қарастырылады. Тек триангуляция мен дәл нивелирлеу-

де ғана таңғы және кешкі сағаттар қолданылады. Бірқатар аспаптар (топографиялық жарық қашықтық өлшеуіш, радиоқашықтық өлшеуіш), сондай-ақ кейбір түсіру аспаптары үшін бұл шектеулер едәуір қатал.

Далалық жұмыс процестерінде сыртқы жағдайлардың өзгерісі маңызды болуы мүмкін. Ал механикалық әсерлер (сілку, діріл) аспаптарды тасымалдау және тасу кезінде болады; геодезиялық аспаптарды конструкциялағанда оның далада дәлдеу (реттеу) мүмкіндігін қарастыру қажет.

Жоғарыда айтылғандар негізінде геодезиялық аспаптарға қойылатын жалпы мынадай негізгі талаптарды тұжырымдауға болады:

а) өлшеудің берілген дәлдігін қамтамасыз ету;

б) сыртқы ортаның әр түрлі жағдайында өлшеу нәтижелерінің тұрақтылығын қамтамасыз ететін конструкция сенімділігі;

в) қарапайым және ыңғайлы қолдану;

г) конструкцияның шағындылығы, материалдың оңтайлы және энергия сыйымдылығы;

ғ) әр түрлі жағдайда пайдаланудағы аспаптың тасымалдылығы;

д) аспапты дайындаушы зауыт және жөндеу қызметі жағдайында ғана емес, оны далада бағалауда қалпына келтіру мүмкіндігін қамтамасыз ететін конструкцияның жөндеу жарамдылығы;

е) аспапты жасау, сынау, қондырғы сериясы, сериялы өндіріс, пайдалану, жөндеу, сақтау кезеңіндегі оның тексерімділігі;

ж) конструкцияның эстетикалығы және эргономикалылығы.

Көрсетілген талаптардың орындалуы белгілі қиындықтармен қатар жүреді; айтылған талаптардың кейбіреулері өзара қарама-қайшы (олардың біреуінің жақсаруы басқасының нашарлауына алып келеді) болғандықтан, аспап параметрлері мен конструкцияларды таңдау кезінде оны жасау процесінде өндіріс (тапсырыс беруші) талабы мен жұмыстың соңғы мақсатына сүйенеді.

Геодезиялық аспаптардың конструкциясы оның негізгі параметрлері мен техникалық қасиеттерін тексеруге мүмкіндік беретіндей болуы қажет.

1.5. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың жүйелері мен стандарттары

1.5.1. Аспаптардың жіктелуі

Аспаптарды жіктеудің жалпы белгілері – Ресейде бекітілген МемСТ 23543-79 «Геодезиялық аспаптар. Жалпы техникалық талаптарда» айқындалған. Көрсетілген стандарттың жіктеу негізінде мынадай белгілер бар: функциялық міндеті, қолданылу саласы, ақпарат тасымалдағыштың

физикалық табиғаты, тасымалдауға тұрақтылығы, конструкциялық ерекшеліктері.

Метрология тұрғысынан геодезиялық аспаптардың ішінен өлшейтін аспап болып есептелмейтін (мысалы, центрлер) өлшеу құрал-жабдықтары мен аспаптары бар. Өлшеу құрал-жабдықтар дәлдігі бойынша: дәлдігі жоғары, дәл және техникалық болып бөлінеді.

Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптар – атқаратын міндетіне және дәлдігіне қарай былайша жіктеледі:

А) Міндетіне қарай:

1. Бұрыштарды өлшеу үшін қажет аспаптар (қарапайым аспаптар: транзитирлер, эккерлер, эклиметр, буссолдар, негізгі бұрыш өлшегіш аспаптар; әр түрлі теодолиттер);

2. Ұзындықтарды өлшеу үшін пайдаланылатын аспаптар (сызғыштар, рулеткалар, ленталар, ұзындық өлшеуіштер, оптикалық қашықтық өлшеуіштер, ілмелі ұзындық өлшеуіш аспаптар, жарық сәулелі өлшеуіштер, радиоқашықтық өлшеуіштер);

3. Биік айырымдар мен биіктіктерді өлшеуге арналған аспаптар түрлі деңгейлері бар нивелирлер, әр түрлі компенсаторлары бар нивелирлер, лазерлі нивелирлер, микро nivelirлер, гидронивелирлер, микробарометрлер, профильсызғыштар);

4. Топографиялық түсірістерге қажет аспаптар (кипрегельдер, тахео-

метрлер, топографиялық байланыстырушылар, инерциялық жүйелер);

5. Арнайы тағайындалған аспаптар (вертикаль жобалау аспаптары, жармалық өлшеу аспаптары) және т.б. аспаптар (оптикалық тіктеуіштер, рейкалар).

Ә) Дәлдігіне қарай:

Өлшеу кателіктеріне байланысты (тек қана теодолиттер, нивелирлер және ұзындық өлшеу аспаптары) мына түрлерге бөлінеді:

- техникалық;
- дәл;
- жоғары дәлдікті;

Б) Ақпараттарды физикалық табиғатына қарай: сақтаушы механикалық (нүктелер, сызғыштар, т.б.); оптикалық-механикалық (теодолиттер, нивелирлер, кипрегельдер, және т.б.); оптикалық-электрондық (жарық қашықтық өлшеуіштер, электрондық тахеометрлер); электрондық (радио-қашықтық өлшеуіштер, регисторлар, іздеуіштер, т.б.);

В) тасымалдау жағдайларына байланысты: стационарлық жылжымалы (көлікке орнатылған), алып жүретіндер (жәшікте жайластырылған).

Кейбір геодезиялық аспаптар есеп алу тетіктеріне, осьтік жүйелердің конструкциясына, көру дүрбісінің түріне және т.б. конструкциялық белгілеріне қарай жіктеледі. Жіктелуі мен белгілері бойынша аспаптар типтерге бөлінеді.

Ресейдің МемСТ-ты бойынша өнеркәсіптерде геодезиялық аспаптардың 40-тан астам типі шығарылады. Олардың ішінде шамамен 20-сына стандарт тағайындалған.

1.5.2. Аспаптардың стандарттары

Стандарттаудың маңызды міндеттерінің бірі – шығарылатын аспаптардың сапасын ұдайы арттыру. Егер 1960 жылдары стандарттаудың бастапқы кезеңінде геодезиялық аспаптар шығаратын өнеркәсіп мүмкіндігіне орай толық жүзеге асырылатын стандарттау объектілері талап етілсе, қазіргі кезде оның міндеттері басқаша тұжырымдалады. Аз шығын талап етілетін аспаптар деңгейін қамтамасыз ететін стандарт оңтайлы болып келеді.

Геодезиялық-маркшейдерлік стандарттаудың негізгі анықтамасы мен терминдері, геодезиялық аспаптар, метрологиялық қамтамасыз ету, стандарттаудың ұйымдастыру-әдістемелік мәселелері 1.1-кестеде келтірілген. Стандарттау нормативтік-техникалық құжат (НТК) негізгі үш категориясы (санаты): мемлекеттік стандарт (МемСТ), салалық стандарт (ССТ), техникалық материалдардың нұсқау (ТМН) деңгейінде жүзеге асырылады. Стандарттаудың маңызды объектілерінің бірі – МемСТ, ішінара ССТ деңгейінде талаптар қойылатын геодезиялық аспаптар бар.

Геодезиялық аспаптар жасау стандарттары

Стандарттың категориялары және нөмірі	Стандарт атаулары
Теодолиттер	
МемСТ 13424-68	Теодолиттер. Горизонталь дөңгелектің диаметр кателіктерді анықтау әдістері
МемСТ 23543-79	Геодезиялық аспаптар. Жалпы техникалық талаптар
Нивелирлер	
МемСТ 11158-83	Нивелирлік рейкалар. Жалпы техникалық талаптар
ТУ4433-231-02570411-95	ЗН-3 нивелирі
ТУ 68-78-86	Нивелирлік инварлық рейкалар
Геодезиялық құрал-жабдықтар	
МемСТ 13494-80	Геодезиялық транспортирлер. Жалпы техникалық талаптар
МемСТ 15114-78	Телескоптық жүйелер
МемСТ 16740-79	Геодезиялық аспаптарға арналған табандар. Түрлері және негізгі параметрлері. Техникалық талаптар
МемСТ 19223-82	Жарық қашықтық өлшеуіштер
МемСТ 10812-82	Геодезиялық номограммалық аспаптар. Жалпы техникалық талаптар
МемСТ 11897-94	Геодезиялық аспаптардың штативтері. Жалпы техникалық талаптар және сынау әдістері
МемСТ 7502-80	Металды өлшеуіш рулеткалар
РТМ 68-5-93	Геодезиялық зерттеу құралдары. Жалпы техникалық нұсқаулар
ОСТ 68-12-97	Геодезиялық аспаптарды центрлеуге арналған құрылғы. Түрлері, негізгі параметрлері және техникалық талаптары
Метрологиялық қамтамасыз ету	
РД БГЕИ 10-91	Стандарттау және аспап жасау саласындағы нормативтік техникалық құжаттармен қамтамасыз ету тәртібі
РД БГЕИ 05-89	Метрологиялық қамтамасыз ету. Геодезиялық өлшеу құралдарының тексеру жабдықтары
РД 68-2.1-92	Аспап жасауда оптикалық жүйелерді есептеу және жүргізу тәртіптері
РД 68-8.17-98	Топографиялық-геодезиялық және картографиялық бағыттағы өлшеу құралдарына арналған жергілікті тексеру сызбалары
РД БГЕИ 36-01	Топографиялық-геодезиялық техникаларды пайдалану және оларды бақылау кезіндегі әдістерінің еңбек қауіпсіздік талаптары
РТМ 68-8.24-01	Топографиялық-геодезиялық бағыттағы өлшеу құралдарының нормаланатын метрологиялық сипаттамалары. Көрсеткіштер номенклатурасы

РТМ 68-8.25-01	Топографиялық-геодезиялық бағыттағы өлшеу құралдарының тексеру мерзімдерін есептеу тәртібі
РТМ 68-14-99	Геодезиялық жұмыстардың жерсеріктік технологиясы. Терминдер және анықтамалар

Ең алдымен стандарт өндірісті ұйымдастыру, дайындау, техникалық құрал-жабдықтар және өндіріс объектісі сияқты өндірістің құрам бөліктерін қамтиды.

Сонымен қатар, әрбір құрам бөлік стандарттаудың әр түрлі бағыттары, өндірістік циклдің негізгі үш кезеңі: жасау (жобалау), аралық аспап өнімдерін шығару, дайын аспаптарды шығару болып бөлінеді.

1.5.3. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптарды пайдаланудың жалпы ережелері

Геодезиялық аспаптар күрделі оптикалық-механикалық немесе оптикалық-электрондық құрылғы болып табылады. Далалық жағдайда, геодезиялық өлшеудің сенімді нәтижесін аспаппен ұқыпты жұмыс істегенде, оларды пайдалану ережелерін сақтағанда және өлшеу уақытын дұрыс таңдаған кезде алуға болады.

Геодезиялық аспаптарды көліктің кез келген түрімен тасымалдауға болады. Тасымалдау кезінде аспап салынған жәшік вертикаль бағытта қойылып, оның астына амортизациялық материалдар төсеу қажет.

Қаптамадан аспапты алар алдында оны орнататын орынды (штатив немесе геодезиялық белгілі үстелшесі) дайындап алу керек. Бақылау алдында аспап орнатылатын (қойылатын) орынның орнықтылығы мен беріктілігіне көз жеткізу керек.

Геодезиялық аспап пен штативті тікелей Күн сәулесі мен жаңбырдан шатыр арқылы қорғайды. Жаңбыр кезінде штативте қалдырылған аспапты полиэтилен не брезент қаппен жабу керек. Аспапқа тамып кеткен су тамшысын жұмсақ сулықпен сүрту қажет.

Аспаптың оптикалық бетін қолмен ұстауға болмайды, шаң-тозанды жұмсақ қылқаламмен (кисточка), ал кірді жұмсақ, майсыз сулықпен немесе гигроскопиялық (су сіңіргіш) мақтамен сүртеді.

Егер аспап көп уақыт жұмысқа қолданылмаса, оны 4.2-ереже бойынша тексеруден өткізу керек. Қажет жағдайда аспап дәлдеуін орындау керек. Өлшер алдында аспапты өлшеуге (пункт центрі) салыстырмалы түрде нүктеге горизонттайды, центрлейді немесе көрініс элементтерін анықтап, қажет жағдайда жұмыс шараларын бағыттайды.

Әрі қарай байқап көру арқылы аспаптың жылжымалы бөліктерінің (алидада, көру дүрбісі, кондырғылар, окуляр) жұмыс істеу қабілеттілігі тексеріледі. Жетекші бұрандаларды айналдырып, орташа жағдайға келтіреді. Зиянды механикалық күш түсуді және аспап бөліктерінің деформациясын болдырмау үшін қысқыш әрі дәлдегіш құрылғыларды (тетіктерді) онша қатты емес, жайлап тарту керек. Жетекші құрылғылармен жұмыс істеу кезінде соңғы қозғалыс, мысалы бұрап-катайту біркелкі болуы тиіс. Жалпы өлшеуді біркелкі операциялармен орындауға, мүмкіндігінше бақылаудың (тексерудің) симметриялық ретін пайдалануға тырысу керек.

Жалпы жағдайда геодезиялық торда өлшеу әдістерін таңдау нақты шарттар және қойылған міндетке (дәлдік, өнімділік тұрғысынан) байланысты анықталады. Геодезиялық өлшеу әдістері, өлшеудің аралық және қорытынды операцияларына қойылған шек ГУГК бекіткен қолданыстағы технологиялық нұсқаумен белгіленеді.

Далалық геодезиялық аспап үшін бақылаудың тиімдірек кезеңдерін анықтау кезінде сыртқы орта факторларын есептеудің маңызы зор. Бұл кезде проблемаларды шешу, геодезиялық аспап дәлдігіне байланысты әр түрлі болады. Жоғары дәлдікті аспаптар үшін өлшеудің ерек-

ше қолайлы жағдайлары (атмосфера тұнықтығының жоғарылығы, жауын-шашынның, желдің, кескіндердің күшті тербелісінің болмауы) қажет. Мұндай жағдайлар көбінесе таңертең және кешкі уақыттарда болады. Орташа және техникалық дәлдікті аспаптар үшін бақылау кезеңдерін белгілеу онша қатаң емес. Рефракциялық әсердің әлсіреуіне қатысты дәл бұрыштық өлшеулер мен нивелирлеу, арақашықтықты оптикалық қашықтық өлшеуішпен өлшеу ерекше талаптар қояды.

Далада жұмыс аяқталған соң геодезиялық аспапты мұқият қарап, жұмсақ сулықпен (салфетка) сүртіп, қаптамаға салу керек.

Дайындаушы кәсіпорыннан аспапты алған соң конструкция ерекшеліктері, пайдалану ережелері, тексеру және түзету әдістері, сақтау ережелері мен аспаптың қызмет етуі жазылған пайдалану құжатын мұқият оқу керек.

Геодезиялық аспаптардың техникалық қызмет ету жүйесіндегі сақтандыру шаралары: аспап пен керек-жарақтарын қарау; аспаптың қозғалмалы бөлшектерінің жұмысқа қабілеттілігін байқап көру; ішінара бөлшектеу, тазалау, майлау және аспаптың анықталған ақауын жою; аспапты жинау, профилактикалық тексеру, дәлдеу; орау, сақтауға немесе пайдалануға беру. Ал профилактикалық шаралар сәйкес құрал-

саймандар және жұмыс орнымен жабдықталған арнайы жайда жүзеге асырылады.

Геодезиялық аспаптардың қозғалмалы бөліктерінің жұмыс істеуін тексеру және қарау, пайдалану, тексеру жүргізу кезіндегідей іске асырылады.

Аспапты бөлшектеу және тазалау үшін кәсіби дайындық пен дағды керек. Әсіресе, оптикалық бөлшектерді мұқият тазалау қажет. Бақылаушы пайдалану туралы нұсқаудағы сәйкес бөлімді немесе техникалық қызмет ету бойынша нұсқауды оқығаннан кейін, алған ақпарат негізінде салыстырмалы түрде, күрделі емес операцияларды өз бетінше орындай алады. Ол аспапты қарау, байқап, бөлшектеу нәтижелері бойынша ақау тізімдемесін жасап, аспапты жөндеу немесе дәлдеу қажеттігін анықтайды.

Сақтауға салу кезінде аспаптың бөлшектерін жұмсақ қағазбен орап, жетекші және көтергіш винт механизмдерін орташа жағдайға орнатады. Геодезиялық аспаптар қаптамаға (футляр) салынып, сөреде, құрғақ, жылытылатын жайда $+5\text{--}+30^{\circ}\text{C}$ температурада және 80%-дан көп емес салыстырмалы ылғалдылықта сақталуы тиіс. Жарты жылдан артық мерзімге

сақталуға қойылған аспаптарды тасымалдаушы жәшікте (тара) сақтауға болады. Аспаптар арасындағы арақашықтық 0,1 м-ден аз болмауы керек. Жылына бір рет ұзақ мерзімге сақталуға қойылған аспаптарды сырттай қарап (байқап) тұру керек.

Аспаптың бұзылмауы және оптикалық бөлшектері ажырап кетпеуі үшін оны жылыту көзіне жақын жерде сақтауға болмайды.

Штативтер, рейкалар, кадалар тік бағытта арнайы тіреуде (стойка) сақталуы тиіс. Магниттік бағдарламалары бар аспаптарды электрөткізгіш және ферромагнитті материалдан жасалған заттардан 2 м қашықтықта сақтау керек. Сақталатын аспаптардың барлығына өтетін жол ашық болуы тиіс.

Аспаптар сақталатын жайдағы ауада аспап пен оның қаптамасының бұзылуына әсер ететін зиянды қоспалар болмауы керек.

Аспапты суық жерден жылы жайға апарғанда (немесе керісінше), қаптаманы жабық күйінде 1 сағаттай қалдыру керек. Содан кейін қаптаманы біртіндеп ашып, аспапқа қоршаған орта температурасына бейімделуге мүмкіндік беру қажет.

1-ТАРАУ. «Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар» пәні туралы жалпы мәлімет

Бақылау сұрақтары

1. Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптардың міндеті.
2. Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптар курсының басқа ғылыми пәндермен байланысы қандай?
3. Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптарды жасаудың даму тарихы.
4. Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптарға қойылатын негізгі талаптар.
5. Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптардың жіктелуі және стандартталуы.
6. Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптарды стандарттау мақсаты.
7. Геодезиялық және маркшейдерлік аспаптарды метрологиялық камтамасыз ету деген не?
8. Геодезиялық аспаптарды жұмысқа зертханалық жағдайда дайындау.
9. Геодезиялық аспаптарды жұмысқа далалық жағдайда дайындау.
10. Аспаптарды пайдаланудың ережелері қандай?

2-ТАРАУ. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ-МАРКШЕЙДЕРЛІК АСПАПТАРДЫҢ ОПТИКАЛЫҚ БӨЛІКТЕРІ

2.1. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптарда қолданылатын геометриялық оптиканың негізгі заңдары

2.1.1. Жарық сәулесінің бір түзудің бойымен таралу заңы

Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың негізгі жүйелері геометриялық оптиканың принциптеріне негізделген. Геометриялық оптиканың барлық заңдарының негізі жарық, яғни жарық нүкте болып есептеледі. Бірыңғай ортада жарық бір түзудің бойымен таралады. Жарық сәуле шығарып тұрған нүктенің (S) айналасы-

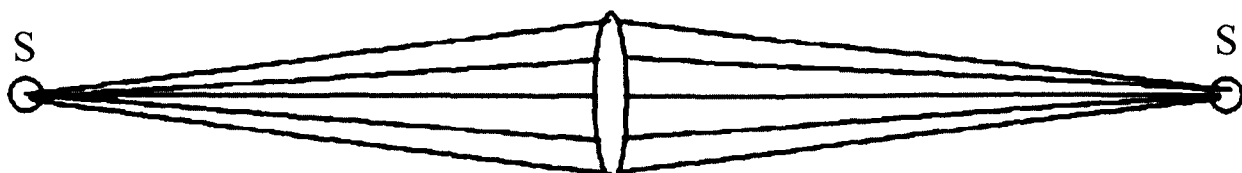
мен шексіз шоғыр жасап, сәулелер жан-жаққа таралады (2.1-сурет).

Егер осы сәуле шоғырының жолына диафрагманы (саңылауы бар пластинаны), оптикалық жүйені орнатса, шектелген шоғырды (S') аламыз. 2.1-суреттегі S оптикалық жүйеге кіретін жарық нүкте немесе сәуле шоғырының центрі, оны зат деп есептейміз. Ал S' – оптикалық жүйеден шығатын шоғыр центрі, оны заттың бейнесі деп айтады.

Егер жарық кедергіден, кішкентай саңлаудан, оптикалық жүйеден өтпесе, бірыңғай ортада бір түзудің бойымен таралады.

Жарық көзі

Нүкте көрінісі



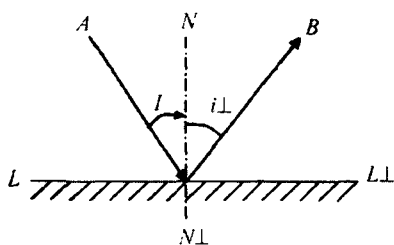
2.1-сурет. Сәуленің таралуы

2.1.2. Жарықтың шағылысу заңы

Жарық сәулесі (A) жылтыр бетке LL' түскен кезде (2.2-сурет) және одан шағылысқан кездегі B сәулесі NN' нормальмен шамалары бір-біріне тең, белгілері қарама-қарсы i және i' бұрыштарын құрады, яғни:

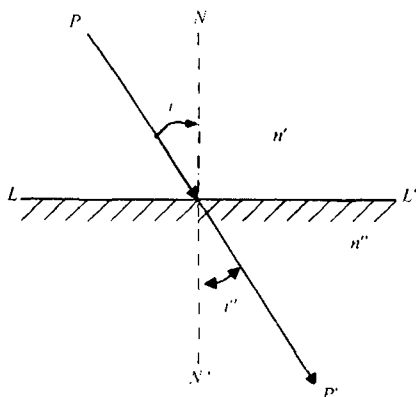
$$i = -i' . \quad (1)$$

2.1.3. Жарық сәулесінің сыну заңы



2.2-сурет

LL' – мөлдір жылтыр бет; N, N' – екі ортаның көрсеткіштері; NN' – нормаль (2.3-сурет).



2.3-сурет

Егер жарық сәулесі сындыру көрсеткіштері n' және n'' бар екі ортаны

бөліп тұрған мөлдір беттен өтсе, онда мөлдір бетке түскен сәуле нормальмен i -бұрышын, ал сынған сәуле сол нормальмен i' сыну бұрышын құрады. Жарықтың сыну заңы бойынша сыну көрсеткішінің бір ортадағы нормальмен жасаған бұрыштың синусына көбейтіндісі, екінші ортадағы көрсеткіштің өзіне тән бұрыш синусы көбейтіндісіне тең болады, яғни:

$$n \cdot \sin i = n' \sin i' . \quad (2)$$

Оптикалық жүйелердегі сындыру беттері ауа мен шыныны желімдеген екі затты бөлетін болып келеді. Аспап жасауда сындырудың көрсеткіштері ауамен салыстырып анықталады, мұнда ауаның көрсеткіші $n=1$ -ге тең.

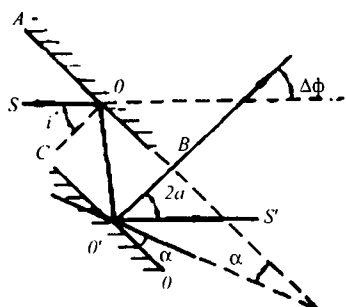
2.2. Аспаптарда қолданылатын оптикалық жүйелер

2.2.1. Айналар жүйесі

Айна деп шыныдан, металдан немесе басқа бір материалдан жасаған, заттың дұрыс бейнесін көрсететін жылтыр пластинаны айтады. Айна ешқандай өзгеріссіз, сол заттың шамасына тең бейнесін көрсетеді.

Жарық сәулесі S (2.4-сурет) AB айнасына i -бұрышын жасап түседі, шағылысады және бағытын мына бұрышқа өзгертеді:

$$\varphi = 180^\circ - 2i . \quad (3)$$



2.4-сурет

Егер айнаны O нүктесінің айналасында α -бұрышына бұрса, онда оның сәулесінің құлау бұрышы $\alpha+i$ -ға тең болады. Ал шағылысқан сәуле S' аз бағытын жылтыр бетке түскен сәулеге сәйкес мына бұрышқа өзгертеді:

$$\varphi' = 2\alpha. \quad (4)$$

мұндағы $\varphi' = 180^\circ - 2(\alpha + i)$ тең.

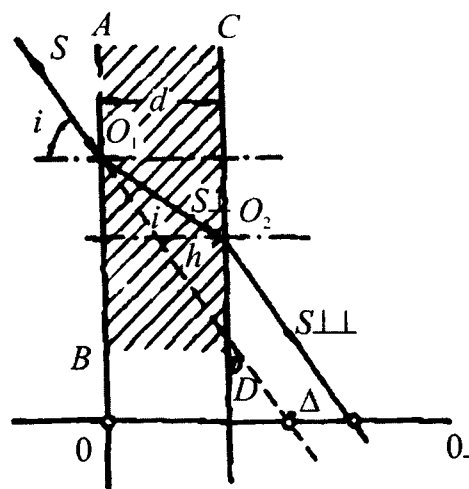
Айнаның осы қасиеті магниттік аспаптарда – буссоль және деклина-торда қолданылады. 2.5-суретте бір-біріне параллель AB және CD айналары жарық сәулесін жылжытады, бірақ оның бағытын өзгертпейді. S сәулесі айнадан екі рет шағылысқаннан кейін, бастапқы бағытқа параллель S бағытымен кетеді. Егер осы екі айна-ның бірі CD -ны α -бұрышына бұрса, онда арасында α -бұрышы бар екі ай-налы жүйе алынады. Мұндай жүйе (4) формулаға сәйкес сәулені $\Delta\varphi = 2\alpha$ бұрышына жылжытады. Бір-біріне

45° -пен орналасқан екі айна жарық сәулесін $\Delta\varphi = 90^\circ$ -қа шағылыстырады. Айнаның осы қасиетіне екі айналы эк-кер негізделген.

3.2.2. Жазық-параллельді пластинкалар жүйесі

Жазық параллель пластинка деп екі AB және CD параллель қырла-рымен шектелген мөлдір денені айта-ды (2.5-сурет).

AB қырының O_1 нүктесіне i -бұрышымен түскен S жарық сәулесі сынады да, S бағытымен кетеді. CD қырының O_2 нүктесінде сәуле қайтадан сынып, пластинкадан S ба-ғытымен шығады.



2.5-сурет. Жазық-параллель пластиналар

Егер пластинка біркелкі ортада тұрса, онда S'' сәулесі S сәулесіне па-раллель және бұрынғы бағыттан h ша-масына ауытқиды. Геометриялық оп-

2-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың оптикалық бөліктері

тика курсына сәуленің түсу бұрышы i шамасының өте кіші болуына байланысты, ауытқу шамасының мынаған теңдігі дәлелденген:

$$h = d \frac{n-1}{n} \operatorname{tg} i; \quad (5)$$

$$h = d \frac{n-1}{n} i,$$

мұндағы d -көрсеткіші – n -ге тең пластинканың қалыңдығы. 2.5-суреттен S'' сәулесінің Δ шамасына ауытқитындығын байқауға болады.

Сәуленің құлау бұрышы i -дің кіші шамасында ауытқу шамасын мына формуламен анықтауға болады:

$$\Delta = d \frac{n-1}{n}. \quad (6)$$

Δ -ді шамасын оптикалық жүйелерді есептегенде ескереді және ол жарық сәулесінің жүріс ұзындығын өзгертеді.

Параллель – жазық пластинкалар сақтау шыныларында, қылжіптерді және шкалаларды бетіне сызуға, компенсаторларда кеңінен қолданылады.

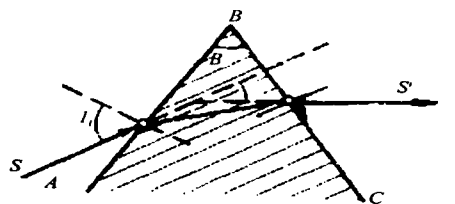
2.2.3. Призмалар

Геодезиялық аспаптарды жарық сәулесінің бағытын өзгерту, бұру үшін призмалар пайдаланылады. Призмалардың, *сындырғыш* және *толық ішкі*

шағылыстыру деп аталатын екі түрі бар.

Сындырғыш призма деп бір-бірімен қиылысатын екі қырлары – AB және EC бар мөлдір денені айтады (2.6-сурет).

Екі жарық қабырға θ -бұрышының қабырғасы сындырғыш қырлары, ал θ -сындырғыш бұрышы деп аталады. Өте кіші сындырғыш бұрышы бар призманы *оптикалық сына* деп айтады. Сына арқылы өтетін сәуле (S), призманың табанына параллель болып ауытқиды.



2.6-сурет. Синатывающая призма

Геометриялық оптика курсынан сәуленің S құлау бұрышы i кіші болғанда, сына сәулені табанға мына бұрышпен ауытқытады:

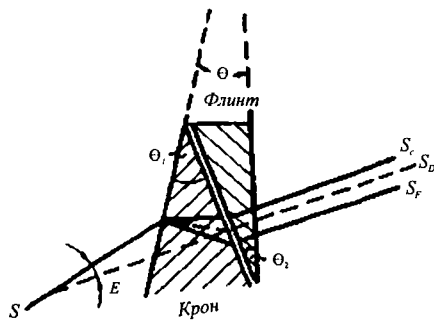
$$\delta = \theta(n-1)\left(1 + \frac{n+1}{2n}i^2\right), \quad (7)$$

$$\delta = \theta(n-1)$$

Сындыру призмасы өзінен өткен ақ жарық сәулесінің дисперсиясын береді. Оптикалық аспаптарда, дис-

персия құбылысын жою үшін ахроматикалық призмалар қолданылады. Олар екі, одан да көп бір-бірімен желімделген призмалардан тұрады. Ахроматикалық призма жарық сәулесінің барлық түстерін қайтарады.

Өте кіші сындыру θ_1 және θ_2 бұрыштары $\theta \leq 6^\circ$ бар екі призмадан тұратын призманы *ахроматикалық сына* деп айтады (2.7-сурет). Сынаның кроннан тұратын бір призмасының сындыру бұрышы *флинттан* тұратын екінші призмасына қарағанда үлкен болып келеді.



2.7-сурет. Ахроматикалық сына

Сына призмалары, суретте көрсетілгендей, бір-бірімен желімделеді.

Ахроматикалық сына призмалардың бұрыштарын мына формулалар арқылы анықтайды:

$$\theta_1 = \frac{\varepsilon}{dn_1(v_1 - v_2)};$$

$$\theta_2 = \frac{\varepsilon}{dn_2(v_1 - v_2)}, \quad (8)$$

мұндағы dn_1 және dn_2 – бірінші және екінші призмалардың орташа дисперсиялары; v_1 және v_2 – дисперсия коэффициенттері.

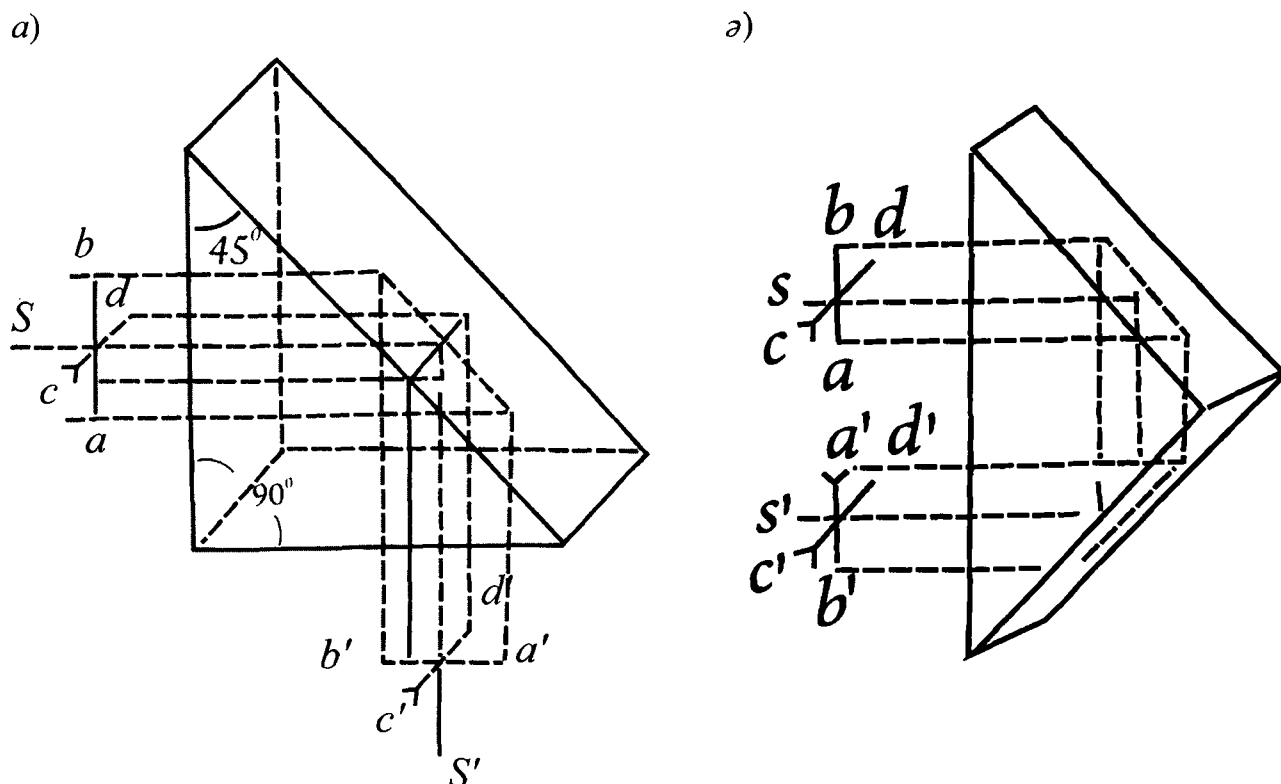
Оптикалық сына компенсаторларға кеңінен қолданылады. Ішкі толық шағылысу призмалары – жылтыр қырлары бар мөлдір денелер. Олар оптикалық аспаптарда жарық сәулесінің бағытын өзгерту, ауытқу бейнесін бұру және көру алаңын бөлу үшін қолданылады. Бұл призмалар шағылыстырғыш айналарға қарағанда көптеген артықшылығы бар. Оларды аспапқа орналастыру жеңіл әрі қолайлы және шағылыстырғыш қырлары ұзақ уақыт сақталады.

Енді геодезиялық аспаптарда кеңінен қолданыс тапқан призмаларға тоқталалық.

Үш қырлы тік бұрышты призмада (2.8, а, ә-сурет) егер шағылысу гипотенуза қыры арқылы өтсе, онда бір айнаға ұқсас бейне көрсетеді.

2.9-суретте тік бұрышты призманы қолданудың *Дове призмасы* деп аталатын үшінші бір сәті көрсетілген.

Гипотенузальық BC қырына параллель жарық сәулелері S_1 және S_2 катеттік қырлар арқылы екі рет сынады. Гипотенузальық қырдағы бір бейне призмадан өзінің бастапқы бағытын өзгертпей шығады. Ал BC қырына параллель емес S_3 сәулесі түсу бұрышына тең сыну бұрышы арқылы призмадан шығады. Егер призманы



2.8-сурет. Тік бұрышты призмалар

OO_1 осі бойынша айналдырса, онда бейне сол айналдырған жаққа қарай екі есе жылдамдықпен бұрылады.

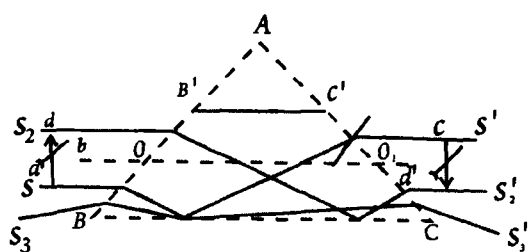
Призманың 2.9-суретте үзік сызықпен көрсетілген жоғарғы бөлігі кесіліп қалмады.

Ромб тәрізді призма (2.10-сурет) екі параллель айналар жүйесі сияқты бейне көрсетеді. Бұл призма жарық сәулесін бағытын өзгертпестен біршама жылжытады.

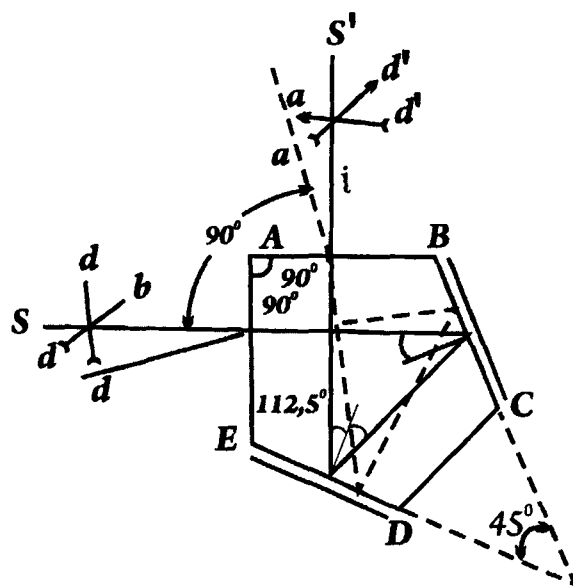
Арасындағы бұрыш 45° екі айналы жүйеге ұқсас пентапризма (2.11-сурет) жарық сәулесінің бағытын 90° өзгертпейді. Пентапризманың шағылыстырғыш BC және DE қырларын алюминийлеп жалтыратады.

Порро I призмалар жүйесі (2.12-сурет) екі тік бұрышты үш қырлы призмадан тұрады, әр призмада шағылысу катеттік қырлар арқылы жүреді. Бірінші призма бейнені бір бағытқа бұрып берсе, екінші призма бірінші бағытқа перпендикуляр етіп бейнелейді, сонда екі призма 180° -қа бұрылған бейне көрсетеді. Порро призмаларының жүйесі далалық бинокльдерде қолданылады.

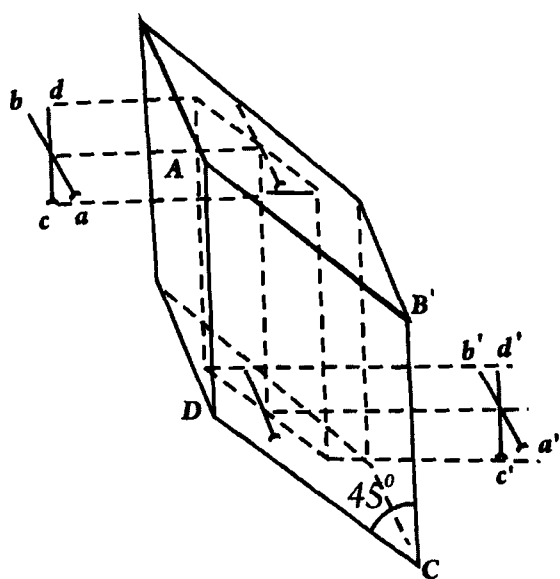
Шатыр тәрізді призмалар (2.13-сурет) тетраэдр тәріздес, оның ABD және ACD қырларының бұрышы 90° -қа тең шатыр сияқты болып келеді. Ал қалған ABC және DBC қырлары AD қырына 45° -қа



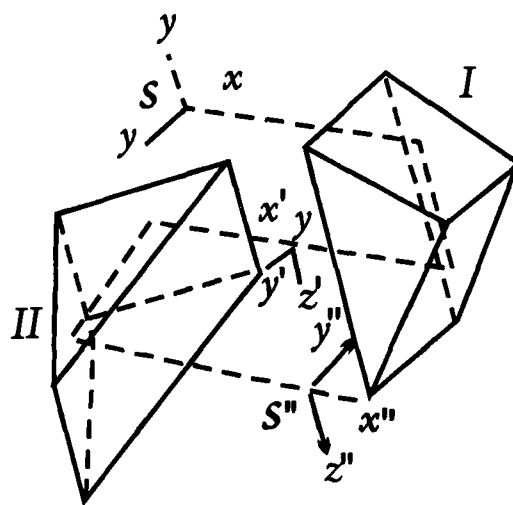
2.9-сурет. Дове призмасы



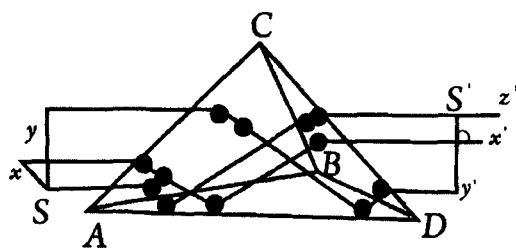
2.11-сурет. Пентапризма



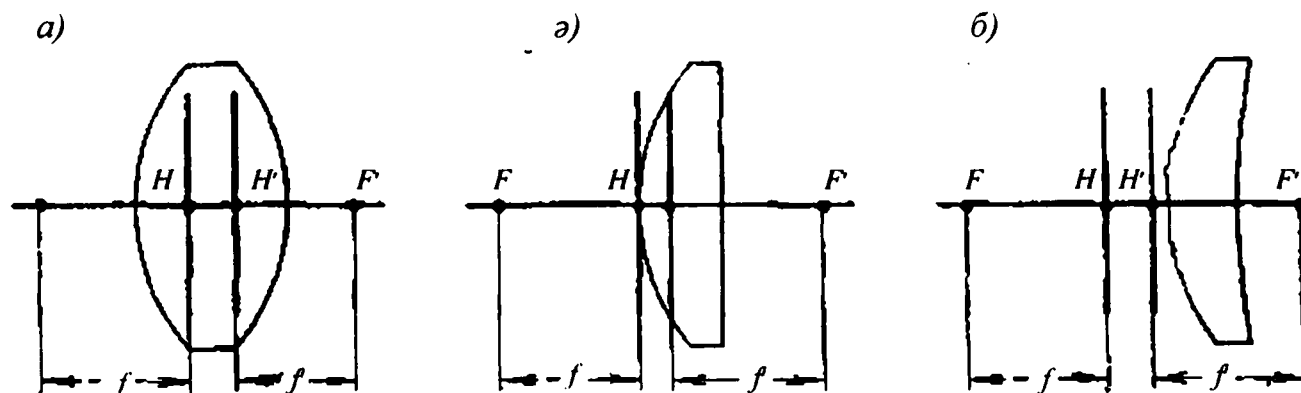
2.10-сурет. Ромб тәріздес призма



2.12-сурет. Порро жүйесінің призмасы



2.13-сурет. Шатыр тәріздес призма



2.14-сурет. Жинағыш линза

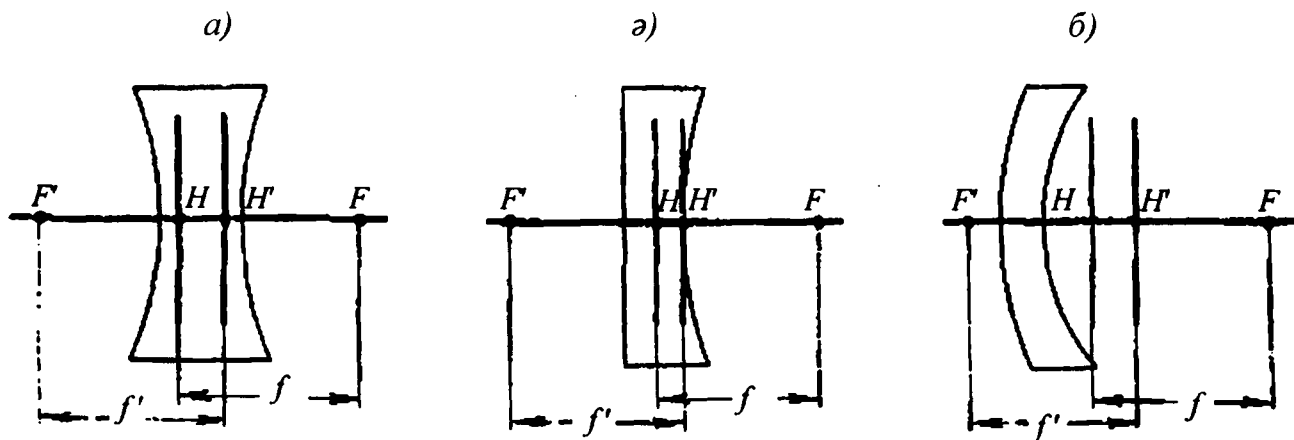
2.2.4. Линзалар жүйесі

енкейген. S-жарық сәулесі призма арқылы өткенде екі рет сынып екі рет шағылысады. Сөйтіп бейненің толық бұрылуын қамтамасыз етеді. Бұл призма көптеген маркшейдерлік-геодезиялық аспаптарда, мысалы, оптикалық теодолиттерде, лимб бейнелерін санақ алу микроскоптарына беруде көптеген авторедукциялық нивелирлердің жүйелерінде кеңінен қолданылады.

Линза – екі сфералық немесе бір сфералық және бір жазық беттер арқылы шектелген мөлдір дене. Линзалар өздерінің сындыру қызметіне, түскен жарық сәулелерін жинауына немесе шашыратуына байланысты оң немесе жинағыш, теріс немесе шашыратқыш болып бөлінеді.

Ал шағылысу катеттік қырлары арқылы жүрсе, онда бейне арасындағы бұрышы 90° -тық екі айналы жүйе арқылы алынады.

Оң линзалар екі жағы да дөңес (2.14, а-сурет), жазық дөңес (2.14, б-сурет) және дөңес – қисайған немесе оң менистік (2.14, в-сурет) болып келеді.



2.15-сурет. Шашыратқыш (кері) линзалар

Ал кері линзалар: екі жағы да ойыңқы (2.15, а-сурет), жазық ойыңқы (2.15, ә-сурет) және ойыңқы дөңес немесе теріс менистік (2.15, б-сурет) болып жіктеледі.

Линзалардың сфералық беттерінің ортасы арқылы өтетін түзу сызықты *оптикалық ось* деп атайды. Линзалардың оптикалық қасиеттері сындырғыш бетер қисықтарының радиустары, линзалардың қалыңдықтары мен сындырғыш көрсеткіштері арқылы анықталады. Линза зат нүктесінің шын мәніндегі пішінін бейнелейді.

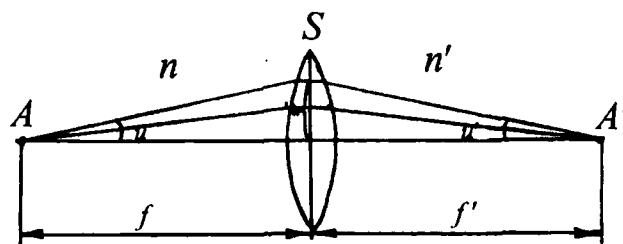
Геометриялық оптикалық формулар мен есептерді шешу үшін жарық сол жақтан оң жаққа қарай жүреді деп есептейді. Сондықтан линзаның сол жағындағы кеңістікті *заттың кеңістігі*, ал оның оң жағындағысын *диафрагмалық кеңістік* деп атайды.

Оптикалық жүйелерде бейненің шамасын шектейтін диафрагмалар да қолданылады, оларды көз шалым диафрагмасы деп атайды да, қылжіптерінің қабы ретінде пайдаланады.

Оптикалық жүйе (диафрагма) арқылы бақыланатын кеңістіктің бір бөлігі дүрбінің көз шалымы деп аталады. Оптикалық жүйелердің көз шалымы бұрыштық шамамен сипатталады.

2.2.5. Центрленген оптикалық жүйе және оның негізгі жазықтықтары, нүктелері, фокустық арақашықтықтары

Геодезиялық аспаптар жасауда центрленген оптикалық жүйелер үлкен роль атқарады. Центрленген оптикалық жүйе дегеніміз – центрлері бір түзудің бойында жатқан, бірнеше оптикалық беттердің жиынтығы. Ал сол түзу сызық *оптикалық ось* деп аталады. Мысал ретінде бір сфералық бет арқылы жарық сәулелерінің сынуын қарастыралық. Сфералық бет біреу болғандықтан, оптикалық ось сол бір сфералық беттің центрі арқылы өтеді (2.16-сурет).



2.16-сурет. Сәулелердің сфералық бет арқылы сынуы

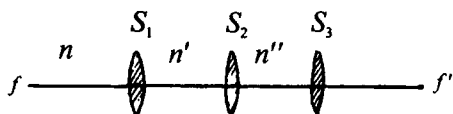
2.16-суретте сфералық бет S көрсеткіштері (n және n') екі ортаны бөліп тұр. Зат A нүктесінде, ал оның бейнесі A' нүктесінде сфералық беттен f және f' -қашықтықта орналасқан. A нүктесінен сфералық бетке қарай таралған сәуле, горизонталь осьпен u және u' бұрыштарын жасайды.

2-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың оптикалық бөліктері

Егер $nAS = u$ бұрышының мәнін өте кішкентай деп есептесек,

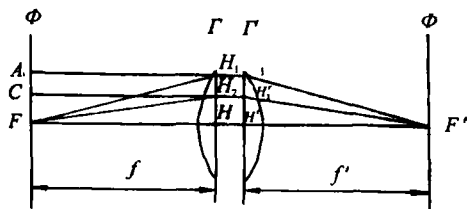
$$u = \frac{h}{f}$$

тең болады. Мұндағы f – алдыңғы, ал f' – артқы фокустық арақашықтықтар. 2.17-суретте центрленген оптикалық жүйенің схемасы келтірілген. Суреттегі түзуі – оптикалық ось.



2.17-сурет. Центрленген оптикалық жүйе

Центрленген оптикалық жүйелердің оптикалық оське параллель сәулелерді бір нүктеге жинайтын қасиеті бар. Әлбетте бұл қасиет оларды көру дүрбісі мен микроскоптарда пайдалануға мүмкіндік туғызады. 2.18-суретте центрленген оптикалық жүйенің соңғы сфералық беттері көрсетілген.



2.18-сурет. Негізгі және фокальды жазықтықтар мен нүктелер

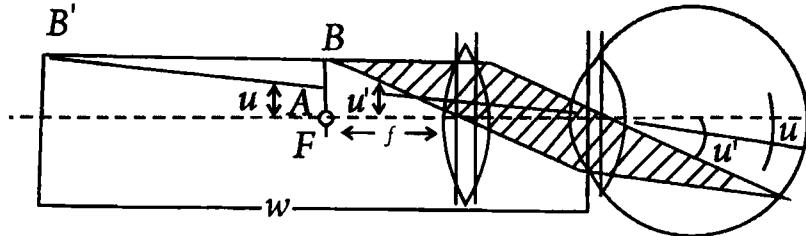
Оптикалық осі FF' -тұратын сфералық бетке A , C және F нүктелерінен оптикалық оське параллель сәулелер түсті делік. Олар оптикалық жүйеден шыққан кезде H' , F' , H_2 , F' , H' , F' сызықтары арқылы жүріп өтіп F' -нүктесінде түйіседі. Бұл суреттегі H' , H_2 және H' нүктелері H_1 , H_2 , H нүктелерінің бейнелері болып есептеледі. G және G' жазықтықтары бір-бірін өзгеріссіз бейнелейді және оларды негізгі жазықтықтар деп атайды. Оптикалық осьте орналасқан негізгі жазықтықтың H және H' нүктелерін негізгі нүктелер деп атайды. Негізгі H және H' нүктелері мен F және F' фокустарын оптикалық жүйенің кардиналдык нүктелері деп атайды.

2.3. Аспаптардың оптикалық бөліктері

2.3.1. Лупа

Лупа дегеніміз – жай немесе аберрациядан түзетілген қысқа фокустық линзадан тұратын ұсақ заттарды үлкейтіп көрсететін аспаптардың ішіндегі ең қарапайымы. 2.19-суретте лупаның оптикалық сызбанұсқасы берілген, онда AB заты лупаның алдыңғы фокальдык жазықтығында орналасқан.

Лупа, заттың лупадан көрініп тұрған U' бұрышы тангенсінің жай көзбен



2.19-сурет. Лупа – көз жүйесіндегі сәулелердің сұлбасы

қарағандағы көрінетін U бұрышы тангенсіне қатынасы арқылы, яғни көріну ұлғайтқышты Γ -мен сипатталады:

$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg} u'}{\operatorname{tg} u}. \quad (9)$$

Осы формулаға ұлғайтқыштың мәнін қойсақ, мынаны аламыз:

$$\operatorname{tg} u' = \frac{l}{-f} u \quad \operatorname{tg} u = \frac{l}{-\omega}$$

$$\Gamma = \frac{\omega}{f} = \frac{250}{f},$$

мұндағы ω – көзге жақсы көрінетін қашықтық; f – лупаның фокустық арақашықтығы, мм.

Адам көзі лупамен күрделі оптикалық жүйе құрады, онда диафрагма мен шығу қарашығы рөлін көздің қарашығы атқарады. Ал кіру қарашығы көз қарашығының жорамал бейнесі болып есептеледі.

Лупамен қарағандағы көздің рұқсат етілген қабілеті мынадай формуламен анықталады:

$$\omega = \frac{\omega_0}{\Gamma}, \quad (11)$$

мұндағы ω_0 – көздің рұқсат етілген қабілетінің бұрышы.

Лупалар бір линзалы және бірнеше линзалы болып келеді. Бір линзадан тұратын лупалардың ұлғайтқыштығы:

$$\Gamma = 10 x.$$

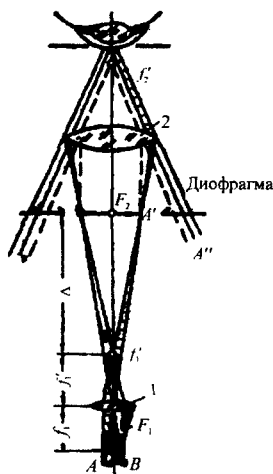
2.3.2. Микроскоп

Микроскоптың атқаратын міндеті де лупа сияқты. Ол объективтен (1) және окулярдан (2) тұрады (2.20-сурет).

Микроскоптық объективтің алдына AB затын орналастырады, объектив заттың нағыз кері бейнесі $A'B'$ окулярдың алдыңғы фокальды жазықтығында бейнеленеді. Ал окуляр сол бейнені үлкейтіп, көз жанарымызға жеткізеді.

Микроскоптың оптикалық интервалы Δ объектив пен окулярдың фокустық арақашықтықтарынан бірнеше рет үлкен болса, сондықтан микроскоп жүйесінің фокустық арақашықтығы өте кішкентай:

$$f' = \frac{f_1 f_2}{\Delta} \cdot f_1' \quad (12)$$



2.20-сурет. Көру дүрбісінің көрінісі

Микроскоптың үлкейтуі лупанікі сияқты мынадай формуламен анықталады:

$$\Gamma = \frac{250}{f'},$$

мұндағы f' – микроскоптың фокустық арақашықтығы.

(12) формуладағы f' – мәнін екінші формулаға қойса, онда формула мынадай түрге келеді:

$$\Gamma = \frac{\Delta}{f'_1} \cdot \frac{250}{f'_2}. \quad (13)$$

Бұрыш өлшеу аспаптарындағы санақ алу тетіктері үшін қажет микроскоптардың үлкейтуі әдетте 50х-тен аспайды, мұнда объективтің үлкейтуі 3х деп аталады.

Микроскоптың көз шалымы, заттың бейнелену жазықтығында орналасқан далалық диафрагмамен шектеледі. Кіру қарашығы – объект, ал шығу қарашығы болып окулярдағы заттың бейнесі есептеледі. Затты микроскоп арқылы қараған кезде көздің қарашығы шығу қарашығымен қабысады.

Микроскоптың рұқсат етілген қабілеті бұрыштық шамамен емес, сызықтық өлшем арқылы беріліп және мынадай формуламен анықталады:

$$\tau = \frac{\lambda}{2A}, \quad (14)$$

мұндағы λ – жарық толқынының ұзындығы, $A = n \cdot \sin u$ тең сандық апертура, n – затты қарайтын ортаның сындыру көрсеткіші, u – апертуралық бұрыш.

Микроскоптың шекті қабілеті – σ мен үлкейтуі арасындағы үйлесімділік, мынадай формуламен анықталады:

$$500 A < \Gamma < 1000 A. \quad (15)$$

Осы теңсіздікті қанағаттандыратын үлкейту микроскоптың пайдалы үлкейтуі деп аталады.

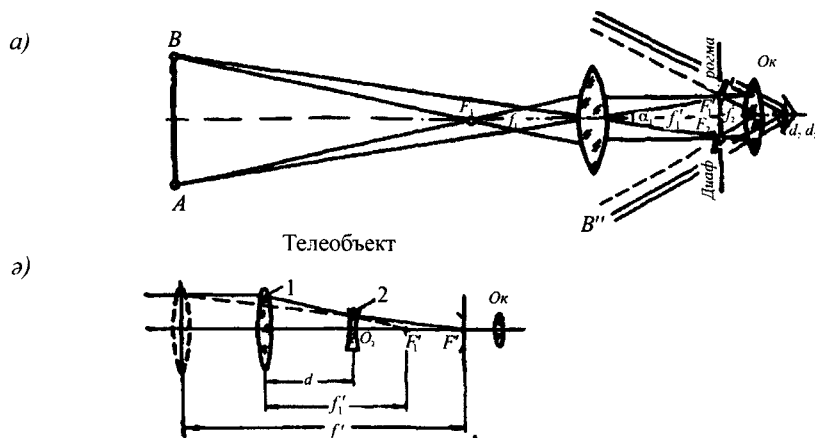
2.3.3. Көру дүрбісі

Алыстағы заттарды көріп және нысаналау үшін аспаптар, дүрбілер-

мен жабдыкталады. Көру дүрбісі телескоптық жүйе болып есептеледі, ол *объектив пен окулярдан* тұрады. 2.21-суретте екі дүрбінің оптикалық сызбанұсқасы бейнеленген: қарапайым астрономиялық (2.21, а-сурет) және телеобъективтік. Объектив алыстағы AB заттың кері бейнесін $A'B'$ өзінің артқы фокальды жазықтығында бейнелейді. Ал окуляр өзінің алдыңғы фокальды жазықтығында бейнеленген затты үлкейтіп, көз жанарына жеткізеді. Окулярдің алдыңғы фокальды жазықтығында

жіптік тор сызылған тегіс параллель пластинка орналасқан. Жіптік тор мен окуляр арқылы өткен сәулелер, адам көзіне келіп бейнеленеді.

Алдыңғы заттың анық көрінуін фокустаушы линзаны керекті жағына жылжытып тұратын *кремальера* деп аталатын сакина дүрбінің сыртына орнатылған. 2.21, ә-суретте оң линза – 1 және теріс линзадан – 2 тұратын телеобъектив бейнеленген. Екі линзаның бір-бірімен арақашықтығы оң линзаның фокустық арақашықтығынан кіші болғандықтан,



2.21-сурет. Кеплердің оптикалық дүрбісінің сызбанұсқасы

телеобъектив жүйесі бір оң линзаға баламалы, ол 2.21, а-суретте үзік сызықпен көрсетілген.

Оның фокустық арақашықтығы f' көру дүрбісінің ұзындығынан артық. Телеобъективтік фокустың арақашықтығы мынадай формуламен анықталады:

$$f' = -\frac{f'_1 f'_2}{d - f'_1 + f'_2}; \quad (16)$$

Дүрбінің көру аясы далалық диафрагмамен шектеледі. Дүрбінің үлкейтуі мынадай формуламен анықталады:

$$\Gamma = \gamma = \frac{f'_1}{f'_2}. \quad (17)$$

2.4. Көру дүрбісін зерттеу

2.4.1. Көру дүрбісінің ұлғайтқыштығын анықтау

Көру дүрбісінің үлкейтуін Γ мына формуламен анықтайды:

$$\Gamma = \frac{\alpha}{\beta}; \quad (18)$$

$$\Gamma = \frac{D}{d}, \quad (19)$$

мұндағы α – затты дүрбі арқылы көру бұрышы; β – затты аспапсыз көру бұрышы; D – объектив саңылауының кіру диаметрі; d – дүрбінің шығу қарашығының диаметрі.

(18) формулаға сәйкес бұрыштық ұлғайтқыштықты, нивелирлік рейканы қолданып анықтайды. Ол үшін далада рейканы аспаптан 15-20 м, ал зертханалық жағдайда 7-10 м жерге орналастырып, екі еселеп алады. Біріншісі (n) дүрбі арқылы, екіншісін (N) аспапсыз.

Яғни, *үлкейтуді* анықтау дегеніміз – аспапсыз алынған есеп (N), дүрбі арқылы алынған есептің (n) қаншасына сәйкес келетіндігін анықтау:

$$\Gamma = \frac{N}{n}.$$

Дүрбі үлкейтуін зертханада ең кем дегенде 3 рет анықтап, соңынан арифметикалық ортасын табады. Анықтау нәтижелері 2.1-кестеде берілген.

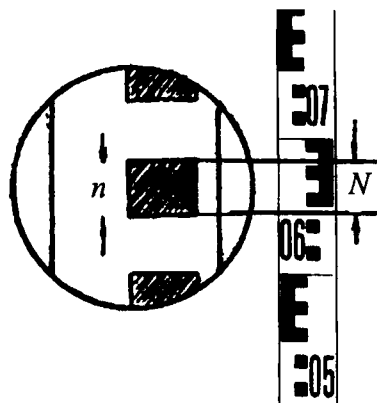
Екінші формула $\Gamma = \frac{D}{d}$ бойынша көру дүрбісінің үлкейтуін анықтау үшін объектив әйнегінің ішкі диаметрін 0,1 мм дәлдікте өлшейді. Шығу қарашығының диаметрін де дәл осылай өлшейді. Ол үшін көру дүрбісін шексіздікке фокустап, содан кейін оны жарық фонға көздейді. Ол окуляр жаққа боз қағаз қойып, онда объектив саңылауының кішкене дөңгелек болып көрінген бейнесінің диаметрін циркуль-өлшеуіш арқылы өлшейді. Өлшеу нәтижелері 2.2-кестеде келтірілген.

2.1-кесте

Анықтау реттері	Рейкадан алынған есептер		Ұлғайтқыштық $\Gamma = N/n$	Аты-жөні
	Аспапсыз – N	Дүрбіден – n		
1	30,5	1	30,5	А. Беков
2	60,0	2	30,0	А. Нұрбеков
3	31,5	1	31,5	А. Ахметов
			$\Gamma_{\text{орт.}} - 30,6x$	

2.2-кесте

Анықтау реттері	Рейкадан алынған есептер		Ұлғайтқыштық $\Gamma = D/d$	Аты-жөні
	Аспапсыз – D	Дүрбіден – d		
1	32,2	1,3	24,8	А. Сәкенов
2	38,5	1,3	25,0	Ж. Бек
3	34,3	1,4	24,2	Ж. Шакиров
			$\Gamma_{\text{орт}} - 25,0 \times$	



2.22-сурет. Көру дүрбісінің үлкейтілуі

2.4.2. Дүрбінің көру аясы бұрышын анықтау

Дүрбі арқылы көрінетін алаңды оның көру аясы дейді және $2U$ бұрышымен анықтайды. Көру аясының бұрышын анықтаудың екі тәсілі бар: бірі рейка арқылы, екіншісі теодолиттің горизонталь немесе вертикаль дөңгелектері арқылы.

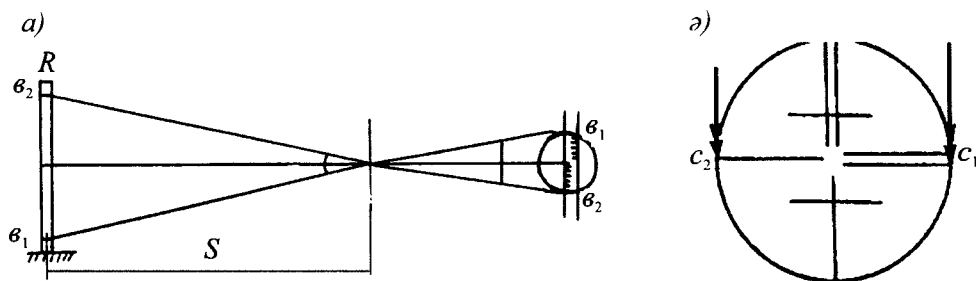
1. $2U$ -ды рейка арқылы анықтау. Бұл тәсіл көбіне нивелир дүрбілері көру аясының бұрышын анықтауда қолданылады. Зертхана жағдайында аспаптан S қашықтықта R рейканы орналастырады да, одан дүрбінің жоғарғы және төменгі жақтары арқылы санақтар алады.

Содан дүрбі көру аясының бұрышын $2U$ мынадай формуламен есептеледі:

$$2U = \frac{\theta_2 - \theta_1}{S \cdot \rho} \quad (20)$$

Бұл формула арқылы дұрыс нәтиже алу үшін рейкадан алынған санақтардың айырмашылығы мен арақашықтық мәндері бір өлшем бірлігінде (мысалы, мм немесе см) берілуі керек. Мұндағы $\rho = 3438$. Анықтау нәтижелері 2.3-кестеде келтірілген.

2-ТАРАУ Геодезиялық-маршейдерлік жұмыстардың оптикалық бөліктері



2.23-сурет. Дүрбінің көру аясы бұрышын анықтау

2.3-кесте

Анықтау реттері	Рейкаға дейінгі ара-қашықтық S, мм	Рейкадан алынған санақтар, мм		$\theta_1 - \theta_2$	2U
		B ₁	B ₂		
1	4550	109,0	230,8	121,8	1°32'
2	5120	84,5	215,6	131,1	1°28'
3	4810	89,5	230,0	131,5	1°34'
					2U _{орт} 1°31'

2. Дүрбі көру аясының бұрышын тікелей теодолит арқылы өлшеп анықтау. Бұл тәсіл теодолит дүрбілері көру аясының бұрыштарын анықтау үшін қолданылады. Ең алдымен теодолит дүрбісінің оң жағын, содан кейін сол жағын белгілі бір нүктеге (А) көздеп, C₁ және C₂ санақтарын алады.

Сол нүктеге дүрбінің жоғарғы және төменгі жақтарын көздеп, вертикаль дөңгелектен де есептер алуға болады.

Сөйтіп, анықталатын 2U бұрышы мынадай формуламен есептеліп, нәтижелері 2.4-кестеге жазылады:

$$2U = C_1 - C_2. \quad (21)$$

2.4-кесте

Анықтау реттері	Микроскоптан алынған санақтар		Көру аясының бұрышы 2U = C ₁ - C ₂
	C ₁	C ₂	
1	210° 45'	109° 15'	1° 30'
2	138° 12'	137° 44'	1° 28'
3	216° 55'	215° 26'	1° 29'
			2U _{орт} 1°30'

2-ТАРАУ. Геометриялық-маркшейдерлік аспаптардың оптикалық бөліктері

Бакылау сұрактары

1. Геометриялық-маркшейдерлік оптиканың негізгі түсінігі.
2. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптарға қолданылатын геометриялық оптиканың негізгі заңдары туралы не білесіз?
3. Жазық айналар және олардың қолдану аумағы.
4. Призмалар, оптикалық сына және олардың пайдалану аумағы.
5. Линзалар және олардың пайдалану аумағы.
6. Центренген оптикалық жүйе деген не?
7. Оптикалық сына.
8. Геодезиялық аспаптардағы призмалардың атқаратын рөлі.
9. Дүрбінің көру өрісінің бұрышын қалай анықтайды?
10. Объектив және окуляр дегеніміз не?

3-ТАРАУ. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ-МАРКШЕЙДЕРЛІК АСПАПТАРДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ БӨЛІКТЕРІ

3.1. Теодолиттің осьтік құрылғысы

Осьтік құрылғы дегеніміз – аспаптың негізгі сызбанұсқасы және оның механикалық бөліктері мен геометриялық байланыстарын сақтау жағдайы.

Аспаптың механикалық бөліктері, конструкциялық және технологиялық жағынан берілген дәлдікте өлшеулер жүргізуге мүмкіндік беретіндей болып жасалуы керек. 3.1-суретте теодолиттің негізгі осьтері бейнеленген. Ондағы ZZ' – аспаптың айналу осі; TT' – дүрбінің айналу осі; UU' – цилиндрлік деңгейлеуіштің осі; VV' – дүрбінің көздеу осі.

Осы осьтер арасында өзара геометриялық байланыс болмаса өлшеу дәлдігі төмендеп, жұмыс қарқыны азаяды. Сондықтан жұмысты бастар алдында аспап осьтерінің бір-бірімен байланысының дұрыстығына көз жеткізіп, өлшеу дәлдігіне әсер ететін кемшіліктер түзетілуі тиіс.

Енді сол осьтер арасындағы геометриялық байланыстарға тоқтала кетелік.

1. Цилиндрлік деңгейлеуіш осі – UU' аспаптың айналу осіне перпендикуляр болуы қажет (3.1, а-сурет).

2. Дүрбінің айналу осі – TT' аспаптың негізгі айналу осіне ZZ' перпендикуляр болуы қажет (3.1, ә, б-сурет).

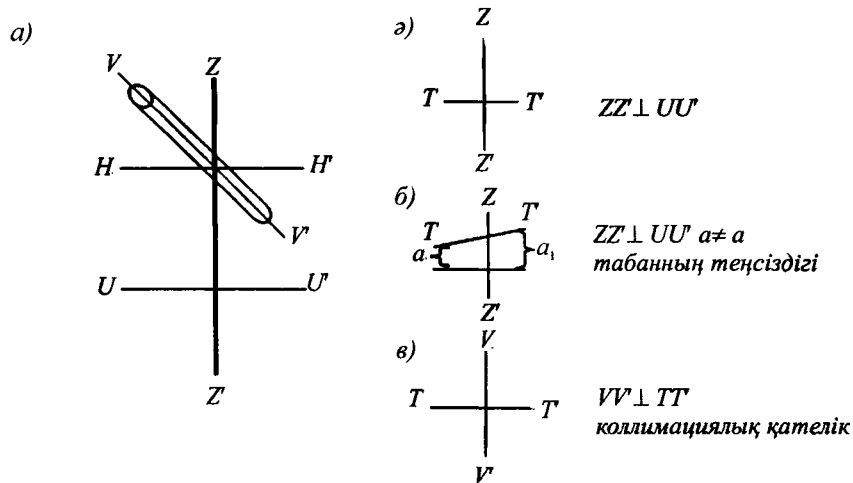
3. Дүрбінің көздеу осі VV' оның айналу осіне TT' перпендикуляр болуы қажет (3.1, в-сурет).

Бұрышты өлшеген уақытта, теодолит штативке орнатылады. Теодолиттен есеп микроскоп арқылы алынады. Есеп алатын микроскопқа жарық түсіру үшін шалқаймалы айна қолданылады.

Кейінірек теодолиттің негізгі бөліктеріне толығырақ тоқталамыз.

Қазіргі кезде қолданылып жүрген теодолиттер бұрыш өлшеу дәлдігіне, есеп алу құрылғыларының түрлеріне, горизонталь дөңгелектің вертикаль осьтері жүйесінің конструкциясына

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық беліктері



3.1-сурет. Теодолиттің негізгі осьтері

және атқаратын міндеттері жағынан әр түрлі болып бөлінеді.

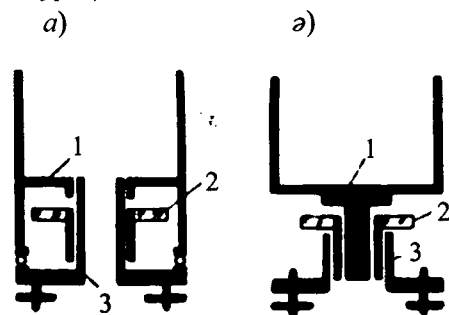
3.2. Теодолиттің қысып қою және жетекші бұрандалары

Қазіргі заманғы теодолиттерде вертикаль осьтердің екі түрлі жүйесі қолданылады: қайталанғыш осьтер және лимбасы бұрылатын осьтер.

Қайталанғыш осьтер жүйесі дәлдігі 30" техникалық (4Т30П, 4Т15П, Тео 080) теодолиттерде пайдаланылады (3.2, а-сурет). Бұл теодолиттерде лимб өз алдына, алидада өз алдына жеке айналады және олардың бекітіп қоятын әрі жетекші жеке бұрандалары бар. Бұл жүйеде лимб (2) қондырғының (3) төлкесінде айналады, ал осі алидада айналатын төлке болып қалады.

Бұл жүйенің кемшілігі алидаданың айналуы кезінде лимб төлкесінің үйкеліп ұлғаю қауіптілігі, өйткені екі ось бір-бірімен түйісіп жатады.

Лимба айналғыш теодолиттерде (Т30М, Т15, 2ТК5, Т2, Тео 020, Тео 010) лимб, арнайы жапқыш ілмек немесе клемма арқылы айналады (3.2, ә-сурет).



3.2-сурет. Қайталанғыш және лимбасы бұрылатын осьтер жүйесі

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері

Бұл жерде алидада (1) және лимба (2) осьтері бір сыртқы бет, яғни айналасында айналады да, тұғырлықтың төлкесі (3), алидаданың қысымы тұғырлықтың шет жақтарына түседі. Сөйтіп осьтердің тұрақтылығы артады. Бұл жүйе дәл және дәлдігі жоғары теодолиттерде қолданылады.

Аспаптың механикалық құрылымдары. 3.3-суретте 3Т2КП теодолитінің құрылысы көрсетілген.

Дүрбілерді қолмен көздеу дұрыс нәтиже бермейтіндіктен, дәл көздеу үшін аспаптар жетекші бұрандалармен жабдықталады. Олар нысана-

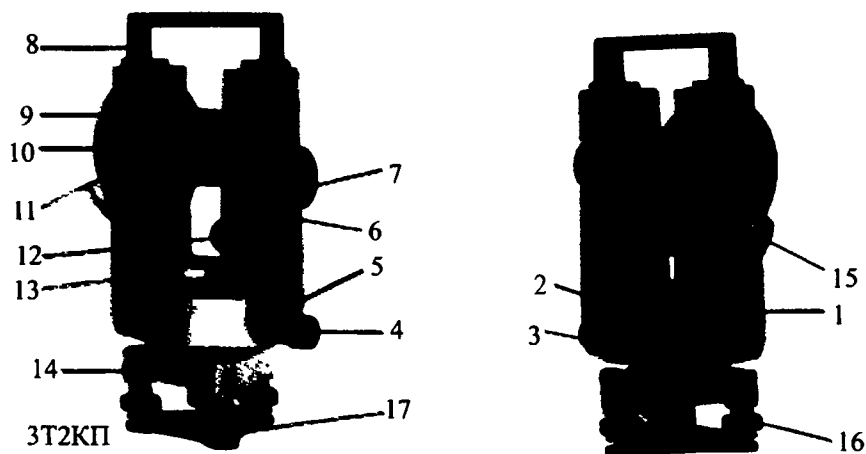
лау осін горизонталь және вертикаль бағыттарға бұрады. Микрометрлі бұранда сәулені азғантай ғана бұрышқа бұру үшін қажет.

Нысанаға көздеу мынандай іс-әрекеттен тұрады:

1) дүрбіні долбарлап көздеу, одан кейін дүрбіні қысқыш қоятын бұрандамен бекіту;

2) микрометрлік бұранда арқылы дәл көздеу.

Қазіргі заманғы теодолиттерде микрометрлі-қысқыш бұрандаларды шаң-тозаңнан сақтау үшін жауып қояды.



3.3-сурет. 3Т2КП теодолиті:

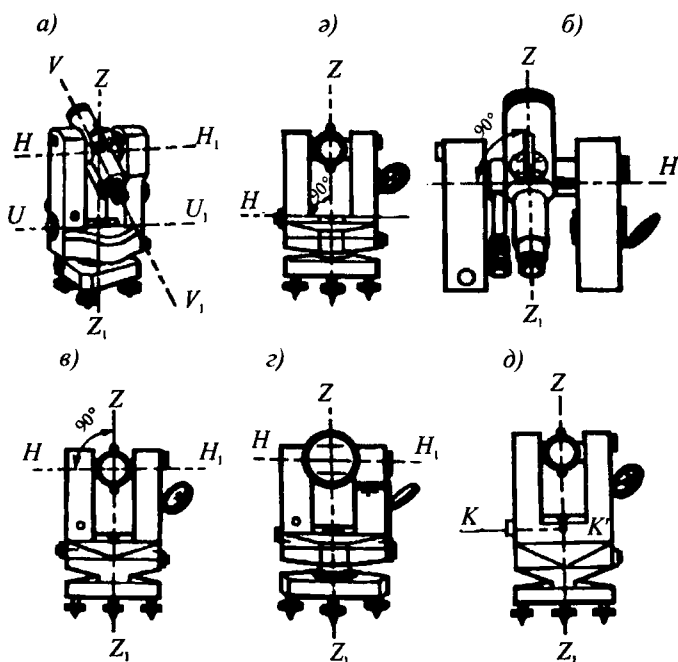
1 – горизонталь дөңгелек бойынша есепті дәлдейтін бұранда; 2 – оптикалық центрир; 3 – горизонталь дөңгелекті айналдыратын бұранда; 4 – алидаданың жетекші бұрандасы; 5, 6 – бекіткіш тұтқасы; 7 – микрометр бұрандасы; 8 – тұтқасы; 9 – визир; 10 – көру дүрбісі; 11 – штекерлік бұранда; 12 – вертикаль дөңгелектің жетекші бұрандасы; 13 – цилиндрлік деңгей; 14 – теодолиттің тұғырын бекітетін бұранда; 15 – айна және оның қақпағы; 16 – көтеруші бұранда; 17 – табаны

3.3. Теодолиттің тексерулері және түзету жолдары

Теодолитті жасауда сақталуға тиісті геометриялық шарттар (3.4-сурет) горизонталь бұрышты өлшеудің принципті сызбанұсқасынан шығады. Олар мынадай: аспаптың айналуының вертикаль осі тік, лимбаның жазықтығы горизонталь, ал көздеу жазықтығы вертикаль болуы тиіс. Осы шарттар сақталу үшін теодолитті тексеріп, жөндеуден өткізеді.

Теодолиттің конструкциясына қойылатын шарттардың сақталуын анықтау мақсатында жүргізілетін әрекеттер *тексерулер* деп аталады. Аспаптың бұзылмау шарттарының орындалуын қамтамасыз ету үшін жөндеулер (реттеулер) жасалады. Енді техникалық теодолиттердің негізгі тексерулері мен жөндеулерін қарастырамыз.

1. *Горизонталь дөңгелектегі цилиндрлік деңгейлеуіштің осі UU_1 теодолиттің айналу осіне ZZ_1 перпендикуляр болуы тиіс.*



3.4-сурет. Теодолиттің геометриялық осінің сұлбасы:
а – жалпы көрінісі; б-д – тексеру кезіндегі көрініс

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері

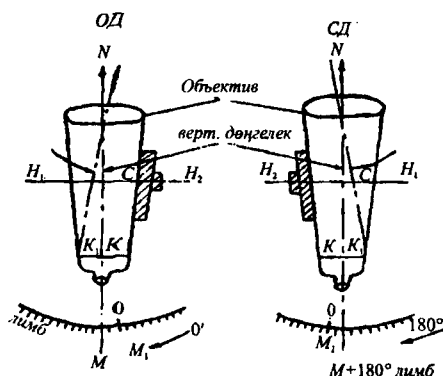
Осыны тексеру үшін деңгейлеуіштің осін екі көтеру бұрандасының бағытына сәйкестендіріп қояды да, оларды әр жаққа қарай айналдыру арқылы деңгейлеуіштің көпіршігін нөл-пунктке келтіреді. Содан соң деңгейді 180° -қа бұрады. Егер бұғаннан кейін де деңгейдің үлбіреуігі нөл-пунктке қалатын болса, онда UU_1 және ZZ_1 осьтерінің перпендикулярлық шарттары орындалғандығы. Көпіршік ортадан жылжығанда деңгейдің орны түзетпе бұрандаларының көмегімен жасалады.

Практика жүзінде тексеру былайша жасалады: деңгейлеуіштің екі көтеру бұрандаларын параллель етіп қояды да, солар арқылы деңгейлеуіштің көпіршігін нөл-пунктке келтіреді. Деңгейлеуіштің нөл-пункті оның шкаласының ортасында болады. Бұл кезде деңгейлеуіш пен алидаданың айналу осьтерінің өзара орны өзгеріссіз қалады. Алидаданы 180° -қа бұғаннан кейін деңгей осінің орнын, оның екінші қалпында нөл-пункт шкаласынан көпіршіктің ауытқу доғасының жартысына түзетеді. Бұл деңгейлеуіштің түзету бұрандаларының көмегімен жасалады. Тексеруге қажетті шарт толық орындалғанға дейін қайталай береді.

2. Дүрбінің нысаналау осі VV_1 теодолит дүрбісінің айналу осіне NN_1 перпендикуляр болуы тиіс.

Осы жағдайды тексеру үшін вертикаль дөңгелектің екі қалпында ($ОД$ және $СД$) алыстау орналасқан бір M нүктесін (3.5-сурет) нысаналайды да, лимбадан M_1 және M_2 есептеулерін алады. Одан кейін коллимациялық қателігін шығарады:

$$x = (M_2 - M_1 \pm 180^\circ / 2). \quad (21)$$



3.5-сурет. Дүрбінің нысаналау осін тексеру

Егер x -тың мәні теодолиттің есептеу құрылғысының дәлдігінен артып кетсе, онда көздеу осінің орны түзетіледі. Коллимациялық қателіктің әсерін жою үшін лимбада есептеуді тауып көрсетеді:

$$N = (M_2 + M_1 \pm 180^\circ / 2). \quad (22)$$

Егер осы кезде жіптер торының центрі M нүктесінен шығып кетсе, онда түзету винттерінің көмегімен

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері

торды M нүктесінің кескінімен жіптер торының центрі беттескенше жылжытады. Осы тексеруді коллимациялық қателік аспаптың екі есе дәлдігінен аспайтын болғанға дейін қайталайды.

3. Дүрбінің айналу осі HH' теодолиттің айналу осіне ZZ' перпендикуляр болуы тиіс.

Осыны тексеру үшін теодолиттен 10-20 м қашықтықта ұзын жіпке тіктеуішті іледі. Жіптер торының торабын тіктеуіштің жоғарғы нүктесіне бағыттады да, содан кейін дүрбіні жайлап төмен түсіріп, жіптер торы торабынан тіктеуіш жіптің кескіні шығып кете ме, жоқ па, соны байқайды.

Бұлардың дәл келмеуі дүрбі орналасқан тұғырлықтың тең болмауынан туады. Осы қателік дүрбінің екі жағдайында (OD және CD) есептеулер алумен жойылады.

Қазіргі заманғы теодолиттерде осы тексерудің сақталуына аспап дайындаушы зауыт кепілдік береді.

Аспаптың бұзылған шарттарының орындалуын қамтамасыз ету үшін жөндеулер (реттеулер) жасалады.

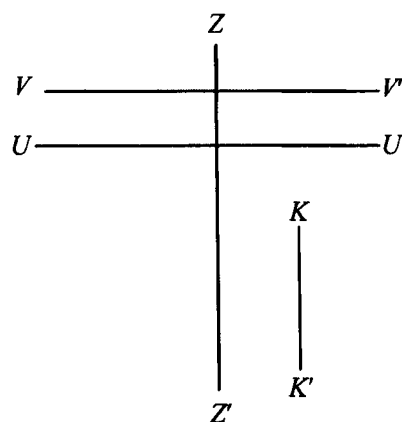
Түзеткіш бұрандалар аспаптың геометриялық элементтерін жұмыс бабына келтіру үшін қажет.

Дөңгелек және цилиндрлік деңгейлеуіштердің түзеткіш бұрандалары арнайы шпикалар арқылы бұрылады.

Іштен фокусталатын дүрбілердегі жіптік тор горизонталь және вертикаль бағыттарға қозғау үшін қажет. Ал жіптік торды бұрау окулярды бірге бұрау арқылы жүзеге асады.

3.4. Нивелирдің осьтік құрылғысы мен механикалық бөліктері

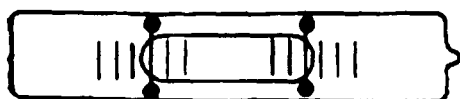
Нивелир теодолитке қарағанда күрделі емес, қарапайым аспап деуге де болады. Оның остері де, бұрандалары да көп емес. Мысалы, ZZ' – нивелирдің вертикаль айналу осі; KK' – дөңгелек деңгей осі; UU' – цилиндрлік деңгейдің осі; VV' – дүрбінің визирлік осі (3.6-сурет).



3.6-сурет. Нивелирдің негізгі тексеру осьтері

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері

Цилиндрлік деңгеймен бір қорапта орналасқан призмалы құрылғы деңгейлеуіш көпіршігінің бейнесін көз алдына келтіреді. Нивелирге қойылатын басты талап – көздеу сәулесінің горизонталь болуында. Оны горизонталь жағдайда дәл келтіру элевациялық бұранда (5) арқылы жүргізіледі, яғни деңгей көпіршігін (3) айнаға қарап отырып ортаға келтіреді (3.7-сурет). Цилиндрлік деңгейлеуіштің сыртқы жабық төрт түзетпе бұрандалары бар.



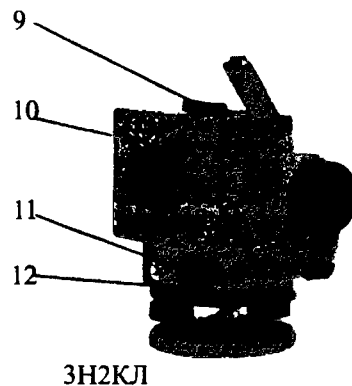
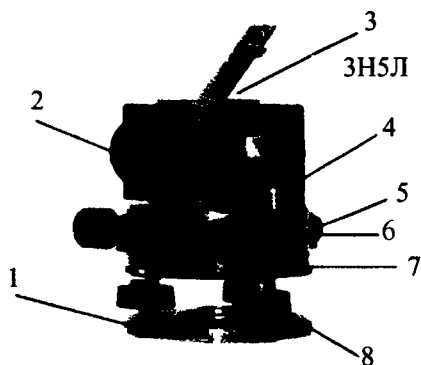
3.7-сурет. Цилиндрлік деңгейлеуіш

Енді геодезиялық жұмыстарда кеңінен қолданып жүрген нивелирлер Н-3 пен Н-2-нің құрылғыларына тоқталамыз.

Оның негізгі бөліктеріне: цилиндрлік деңгей (3) қондырылған дүрбі (2), көтергіш бұранда (8) бар қондырғы, штатив бекіту үшін жасалған бұранда оймасы бар табаны (1), лимб (12) (3.8-сурет).

Нивелирдің вертикаль осін алдын ала тік бағытқа келтіру үшін сфералық деңгей (4) орнатылған және оның үш түзетпе винттері бар.

Ең алдымен дүрбінің (визир) көздегіші (9) арқылы бағыттап, одан кейін жетекші бұранда (6,11) көмегімен дәл көзделеді. Дүрбідегі жіптік торының (3.9-сурет) анық көруін қамтамасыз ететін кремальера (10).



3.8-сурет. 3Н5Л және 3Н2КЛ нивелирлерінің сырт көрінісі



3.9-сурет. Көру дүрбісінің ішкі көрінісі – жіптік тор

3.5. Нивелирдің тексерулері мен түзету жолдары

Нивелирдің тексерулері мен түзетулері қолданыстағы инструкциялық талаптарға сай жүргізіледі.

Деңгейлеуші нивелирлерде мынадай геометриялық жағдайлар орындалуы керек:

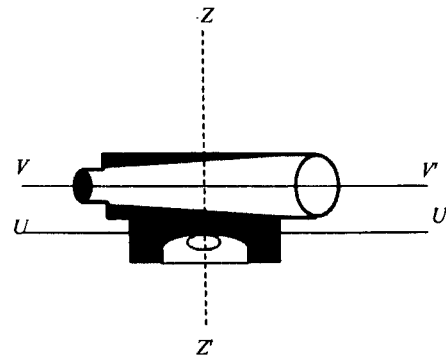
- 1) дөңгелек деңгейлеуіш осі нивелирдің вертикаль айналу осіне параллель болуы керек;
- 2) жіптік тордың бірі нивелирдің айналу осіне параллель, ал екіншісі оған перпендикуляр болуы керек;
- 3) дүрбінің көздеу осі цилиндрлік деңгейлеуіш осыне параллель болуы керек (ең негізгі шарт).

Компенсаторлы нивелирлерде үшінші шарт былайша айтылады: нивелирдің нысаналау сызығы объективтің оптикалық осі арқылы өтетін вертикаль жазықтықта орналасып

және горизонталь болуы керек. Қалған екі шарт барлық нивелирлерге ортақ.

Нивелирлеу жұмысы басталмай тұрып аспаптың орнықтылығына, көтергіш және туралау бұрандалар жүрістерінің бірқалыптылығы мен компенсатордың қызметіне көз жеткізу қажет.

Нивелирге қойылатын басты талап – деңгейлік ось пен көздеу сәулесі бағытының өзара параллель болуы. Жұмысты жүргізер алдында нивелир жан-жақты тексеріліп, өзара биіктікті дәл анықтауға әсер ететін кемшіліктер түзетілуге тиіс. Нивелир осьтері арасындағы геометриялық байланыстарды тексеру былайша жүргізіледі (3.10-сурет).



3.10-сурет. Нивелирдің осьтік құрылысы

1. Дөңгелек деңгейді тексеру

Дөңгелек деңгейдің осі нивелирдің айналу осіне параллель болуы тиіс. Көтергіш үш бұранда арқылы дөңгелек деңгейлеуіш көпіршігінің ортасына келтіріледі.

Одан кейін нивелир дүрбісін 180° -қа бұрады да, көпіршіктің орнын тексереді. Егер көпіршік нөл пунктке қалса, онда жоғарғы тексеру шартының орындалғандығы. Керісінше, шарттың орындалмаған жағдайында дөңгелек ұстап тұрған үш түзеткіш бұрандалары арқылы ауытқудың жартысы түзетіледі. Ал қалған жартысы көтергіш бұрандалар әсерімен түзетіледі.

2. Жіптер торын тексеру

Жіптер торының горизонталь штрихы нивелирдің айналу осіне перпендикуляр, ал вертикаль штрихы параллель болуы тиіс. Екі штрихтың бір-біріне перпендикуляр болуына зауыт кепілдік береді. Сондықтан бұл тексеруді вертикаль штрихтың көмегімен жасаған дұрыс. Ол үшін нивелирден 20-25 м қашықтық жерге тіктеуіш іліп қояды да, нивелирдің айналу осі вертикаль бағытқа келтіріледі.

Егер дүрбіні тіктеуішке көздеген кезде вертикаль штрих тіктеуіш жібімен қабысып, оның бойымен

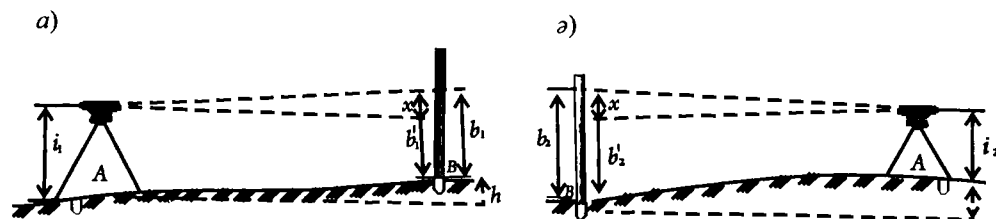
өтетін болса, онда тексеру шартының орындалғандығы. Керісінше, бұл шарт орындалмаса, онда тордың түзету бұрандаларын босатып, диафрагманы жіптік тормен түзетеді.

3. Негізгі геометриялық шартты тексеру

Цилиндрлік деңгейлеуіштің осі көздеу осіне параллель болуы үшін бір жазықтықта жатуы керек. Бұл тексеру екі рет нивелирлеу арқылы жүргізіледі, яғни бір қашықтықты екі рет «алға» нивелирлеу арқылы тексеріледі.

Қашықтығы 30-40 м жерге екі қазық – A және B қағылып (3.11, а-сурет), A нүктесіне нивелир, ал B нүктесіне рейка орнатылады. Аспап биіктігі (i) өлшеніп, рейкадан b_1 есебі алынады. Егер көздеу осі VV мен деңгей осі UU параллель болмаса, онда b_1 есебінің орнына b'_1 есебі алынып, қате шамасы анықталады. Сонда B нүктесінің A нүктесіне қарағандағы биіктік өсімшесі мынаған тең болды:

$$h = i - e_1 = i_1 - (e_1 - x). \quad (23)$$



3.11-сурет. Алға нивелирлеу

Енді нивелир мен рейканың орнын алмастырып, қайтадан аспап биіктігі (i_2) өлшенеді және B нүктесіне тұрған рейкадан санақ b_2 алынады (3.11, б-сурет). Екі нүктенің арасы өзгеріссіз қалғандықтан, b_2 санағындағы қате шамасы тағы да x -ке тең болады, яғни:

$$h = b_2 - i_2 - b_2 - x - i_2. \quad (24)$$

(23), (24) және (25) формулаларынан x -ті анықтайық:

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}. \quad (25)$$

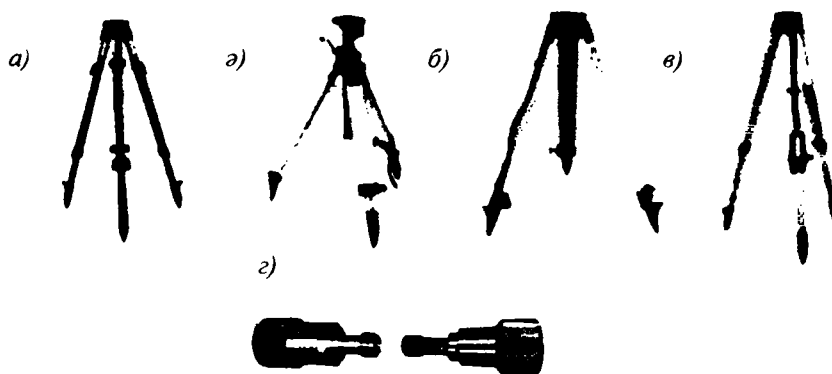
Егер $x < \pm 4$ мм болса, түзету жүргізілмейді. Керісінше, 4 мм-ден асып кетсе, элевациялық бұранданың көмегімен тордың ортаңғы штрихы түзетілген есепке $b_1 = b_2 - x$ келтіріледі. Бұл жағдайда цилиндрлік деңгейлеуіш көпіршігі нөл пункттен ауытқиды. Яғни, дүрбі ішіндегі

көпіршіктің ұштасқан екі шеті алшақтайды. Көпіршіктің ауытқуы, цилиндрлік деңгейлеуіштің түзеткіш бұрандалары арқылы қалпына келтіріледі.

3.6. Штативтер, консольдар және центрлеу құрылғылары

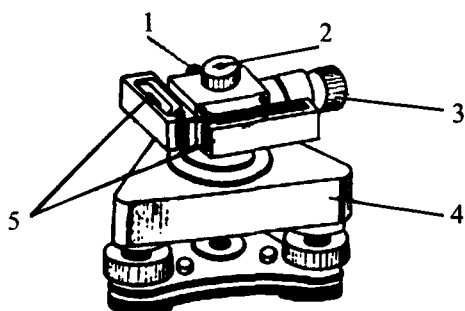
Штатив аспапты нүкте үстіне немесе астына орнатып, жұмыс бабына келтіру үшін қажет және олардың ағаштан немесе металдан жасалған аяқтары болады. Штативтің аяқтары ысырылмалы және жиналмайтын болып келеді. Штативтің металдан жасалған басы аспап пен қондырғыш арқылы байланысады (3.12-сурет).

Жерасты қазбаларында штатив орнатуға болмайтын жерлерінде *консоль* деп аталатын, қазба қабырғаларына бұрап орнатылатын қондырғы пайдаланады.



3.12-сурет. а) алюминді штатив FS-20; б) элевациялық штатив ELV-166; в) ағаш штатив ШР160; г) жеңілдетілген ағаш штатив ШР130; д) қондырғы бұранда

Штативтің қондырғыш бұрандасы тіктеуіштерді іліп ілмекпен, ал қазіргі заманғы теодолиттерде арнайы оптикалық центрлеу тіктеуіштермен жабдықталған 3.13-сурет.



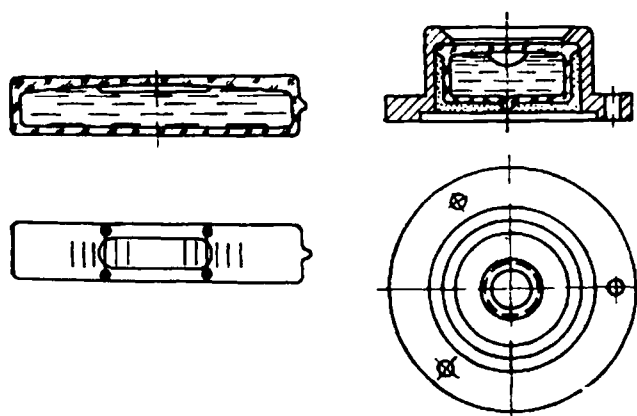
3.13-сурет. Оптикалық тіктеуіш:
1 – бағытты ауыстыру және бекіту бұрандасы; 2 – вертикаль осі немесе қосымша құралдарды орнату орны; 3 – окуляр; 4 – трегер; 5 – цилиндрлік деңгейлеуіш

3.7. Деңгейлер

Деңгейлер аспаптардың осьтері мен жазықтарын горизонталь немесе вертикаль жағдайларға келтіру және өлшеу процесі кезінде аспаптың жағдайын қадағалау үшін керек. Түрлеріне қарай деңгейлеуіштер цилиндрлік және дөңгелек (сфералық) болып екі түрге бөлінеді (3.14-сурет).

Деңгейлеуіштер *ампула* (а) деп аталатын шыны түтіктен, оны сақтап тұратын және аспапқа бекітіп қою үшін қажет металл қаптан (в) тұрады.

Ампуланың ішкі беті R-радиусымен жүргізілген шеңбер доғасына ұқсас болып келеді. Ампуланы ыстық сұйық затпен (эфир, этилді, спирт) толтырып аузын дәнекерлейді, ал суығынан кейін сұйық заттың көлемі азайып, «деңгейлеуіш көпіршігі» деп



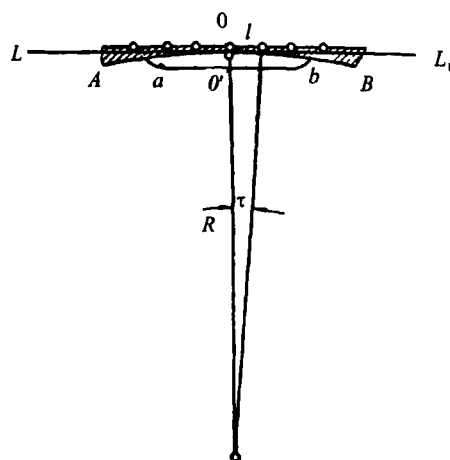
3.14-сурет. Цилиндрлік және сфералық деңгейлеуіштер

аталатын бумен толған кеңістік пайда болады.

Көпіршік әрқашан жоғарғы жағына орналасады. Ампула бетінде біркелкі штрихтар сызылған. Штрихтар арасы стандарт бойынша 2 мм-ге тең және оларды 0-дік штрихтың екі жағына әрбір 5 немесе 10 бөліктен нөмірлеп қояды.

Дөнгелек деңгейлеуіштердің бетінде штрихтардың орнына радиустары бір-бірінен 2 мм айырмашылығы бар концентрлік шеңберлер жүргізілген. Әрі қарай деңгейлеуіштердің геометриялық элементтері мен ампулалардың түрлеріне тоқталамыз.

3.15-суретте О нүктесі деңгейлеуіш көпіршігінің ортасы деп аталады және оны нөл-пункт дейміз.



3.15-сурет. Деңгейлеуіштің геометриялық элементтері

AB сфералық беттің О нүктесі арқылы өтетін LL_1 жанама сызығы деңгейлеуіштің осі деп аталады. Деңгейлеуіштің беті 2 мм сайын тең бөліктерге бөлінген. Сол 2 мм қарама-қарсы жатқан көлбеу бұрыш τ деңгейлеуіш бөлігінің бағасы және оның формула арқылы анықталады.

$$\tau = \frac{l}{R} \rho = \frac{2\text{ мм}}{R} \rho, \quad (26)$$

мұндағы l – ампула шкаласының бір бөлігінің бағасы ($l = 2 \text{ мм}$); R – AB доғасының радиусы, мм; ρ – радиан.

Талаптарға байланысты ампула бөлігінің бағасы номиналды болып жасалады: 1'-тан жоғары – төменгі дәлдікті ампула, 5"-тен 1'-қа дейінгі орташа дәлдікті ампулалар, 5"-қа дейінгі жоғарғы дәлдікті ампулалар.

3.8. Теодолиттердің есеп алу құрылғылары

Геодезиялық аспаптардың қазіргі кездегі есеп алу құрылғыларының мынадай түрлері пайдаланылады:

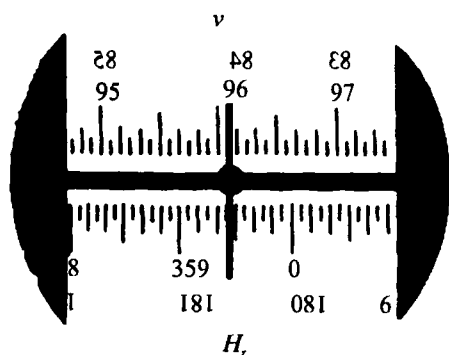
- бағалау микроскобы;
- шкалалы микроскоптар;
- оптикалық микрометрлер.

1. Бағалау микроскобында лимб штрихтары арасын индекс сызық арқылы бағалайды. Көздің қабілетін пайдаланады (3.16-сурет).

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері

Микроскоптың объективін лимб штрихтарын бағалау индексімен бірге бейнелейді. Санақ индексі тегіс параллель пластинкаға сызылған. Мұндай санақ алу тетігі Т-30 және Theo-080 теодолиттеріне тән. Бұл теодолиттер микроскобының көру өрісінде бір мезгілде горизонталь және вертикаль дөңгелектер санақтары көрінеді. Демек 2 дөңгелектен де бір индекс арқылы санақ бағаланып алынады.

Санақ алу дәлдігі $t = \pm 1'$, микроскоптың үлкейтуі $19\times - 20\times$.

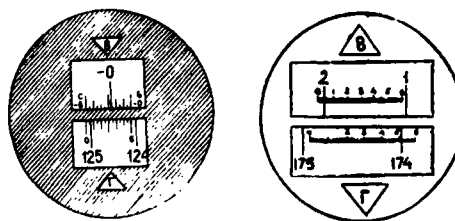


3.16-сурет. Theo-080 теодолитінің бағалау микроскобы (гор.бұрыш $359^{\circ}29'$)

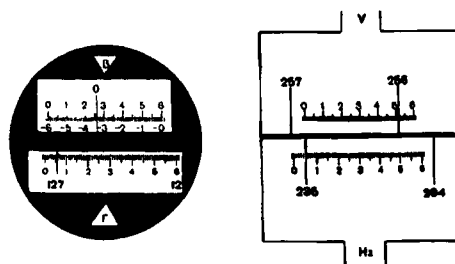
2. Шкалалы микроскоптарда лимб бөліктері арасын арнайы шкалалар арқылы анықтайды. Шкалалы микроскоптар көру өрісінде шкалалы горизонталь және вертикаль дөңгелектер бір мезгілде көрінеді.

Шкалалы микроскоптар — санақ алу құрылғыларының ішіндегі ең көп таралғаны. Оларға 2Т30М, 3Т5КП,

2Т5К, Theo-020, т.б. теодолиттер жатады.



3.17-сурет. Шкалалы микроскоп

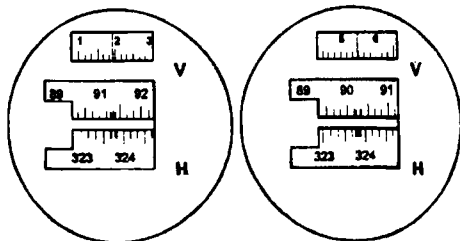


3.18-сурет. 2Т5КП және Theo-020 есеп алу тетіктері

3. Оптикалық микрометрлер

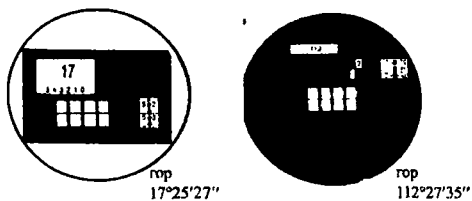
Оптикалық микрометрлер өз кезегінде біржақты және екіжақты микрометрлер болып бөлінеді. Санақ алу құрылғысының бұл түрінде лимб немесе бір штрихты екінші штрихтың бойына дәл келтіру қажет.

Біржақты оптикалық микрометрде 4Т15П теодолитті лимб штрихы биссекторға келтірілген (3.19-сурет). Градустар мен бүтін минуттар биссектордан, ал қалған минуттар мен секундтар микрометр шкаласынан алынады.



3.19-сурет. а) вертикаль дөңгелек – $91^{\circ}21'55''$; б) горизонталь дөңгелек – $323^{\circ}55'28''$

Екі жақты оптикалық микрометрлер дәл теодолиттерде (ЗТ2КП, Theo-010) қолданылады, яғни эксцентриситет әсерін жою үшін лимбтің екі жағынан есеп алынады. Микроскоп көру өрісінде тек горизонталь дөңгелек немесе вертикаль дөңгелекті бейнелейді (3.20-сурет).



3.20-сурет. ЗТ2КП және Theo-010 теодолиттері микроскоптарының көру аясы

Санақ алу үшін микрометрдің барабаны арқылы лимбаның бір жағындағы штрихтарды оның диаметралды карама-қарсы жағындағы штрихтармен дәл келтіреді.

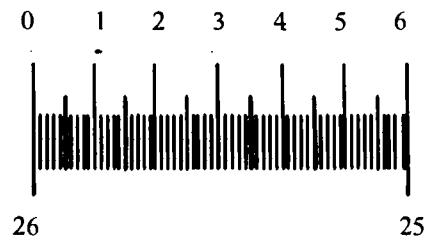
Градустар мен толық минуттар микроскоп терезешесінен, ал секундтар

мен оның бөліктері микрометр шкалаларынан алынады.

Лимб. Кез келген теодолиттің негізгі бөлігі лимб болып есептеледі. Лимб металдан не шыныдан жасалады. Олар екі бөліктен: негізгі (коладан жасалған диск) және оған бекітілген сақинадан тұрады. Ал бөлу машинасы арқылы 0° -тан 360° -қа дейін штрихтар сызылған және цифрланған. Шыныдан жасалған лимб қалыңдығы 3-5 мм жазық параллель пластинкалардан тұрады.

3.9. Шкалалы микроскопты зерттеу

Шкалалы микроскоптарды зерттеу – лимб бөліктері дәлдігінің шкала ұзындығына теңдігін анықтау, яғни $\lambda = qn$; мұндағы λ – лимб бөліктерінің дәлдігі; q – микроскоп шкаласының дәлдігі; n – шкала саны (3.21-сурет).



3.21-сурет. Шкалалы микроскоптың ренін анықтау

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері

Егер qn λ -ге тең болса, онда лимбтің 2-бөлігінің арасына n -шкала бөлігі емес, n -бөлік саны сыяды. Берілген шкала бөліктері мен шын мәніндегі бөліктер санының айырмашылығын *рен* деп атайды, яғни:

$$r = n - n'.$$

Егер рен r шектен шығып кетсе, онда өлшеу нәтижелеріне рендік

түзетпе енгізіледі. Шкалалы микроскопты теодолиттерде ренді табу үшін әрбір 30° сайын лимб штрихтары зерттеледі де, реннің арифметикалық ортасы анықталады. Егер рен $r > +0,25$ -тен асып кетсе, онда микроскоп объективі түзетіледі. 3.1-кестеде 2Т5К теодолитінің ренін анықтау нәтижелері берілген.

3.1-кесте

Бақылау реттері	Алынған есептер		Рен $r = n - n'$	Ескертпе
	Лимбтегі градустар	Микроскоп шкала, n'		
2	0°	60,0	0,0	$\lambda = 60'$
3	30°	60,0	0,0	$n = 60$
4	60°	59,9	+0,1	$q = 1$
5	90°	59,7	+0,3	$r_{\text{орт}} = \Sigma r / 12 = +1,5 / 12 =$
.	.	.	/	$+0^\circ,125$
.	.	.	/	
.	.	.	/	
.	120°	59,8	+0,2	$r_{\text{орт}} < 0^\circ,25$
n	330°	59,9	+0,1	
			$\Sigma r = +1,5$	

3.10. Горизонталь дөңгелек алидадасының эксцентриситетін зерттеу

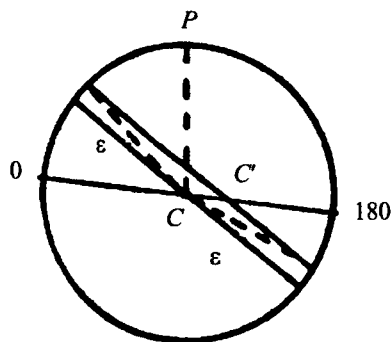
Алидада мен лимбтің айналу осьтері бір-біріне жанасуы керек. Яғни, 3.22-суреттегі алидаданың центрі C , лимб центрі C' -ке дәл келуі кажет. Осы центрлердің дәл келмеуін, алидаданың *эксцентриситеті* деп атайды.

Лимбтің центрі мен алидада центрлері бір-біріне дәл келмесе, онда алынған есептердің айырмашылығы 180° және 2ε тең болады. Алынған екі

есептің арифметикалық ортасында эксцентриситет болмайды.

Шкалалы микроскопты теодолиттерде горизонталь дөңгелек алидадасының эксцентриситеті – әр 30° сайын тура және кері бағыттарда екі рет зерттелуі. Теодолиттің центрленуі, аспаптан 30 м-дей жерде орналасқан нүктеге кезекпен ДС және ДО жағдайларында көздеп санақтар алынады. Алынған екі есеп айырмашылығы 180° болуы тиіс. 3.2-кестеде тура бағыттағы зерттеулердің нәтижесі берілген.

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері



3.22-сурет. $CC' = l$ сызықтың эксцентриситеті; 0 – лимбтің нөлдік штрихы; P - C және C' нүктелерін қосатын түзу бойынан алынған санақ; ε – бұрыштық эксцентриситет

3.2-кесте

Тура бағыт

Зерттеу	Горизонталь дөңгелектен алынған санақтар		$2\varepsilon = \text{ДО} - \text{ДС} \pm 180^\circ$	$D = 2\varepsilon - 2\varepsilon_0$
	ДО	ДС		
	$0^\circ 18',2$	$180^\circ 18',1$	$+0',2$	$+0',14$
	$30^\circ 03,4$	$210^\circ 08,1$	$+0,3$	$+0,24$
	$60^\circ 27,1$	$240^\circ 26,9$	$+0,2$	$+0,14$
	$90^\circ 53,6$	$270^\circ 53,5$	$+0,1$	$+0,06$
	$120^\circ 16,0$	$300^\circ 16,0$	$0,0$	$-0,06$
	$150^\circ 24,2$	$330^\circ 24,2$	$0,0$	$-0,06$
	$180^\circ 05,5$	$0^\circ 09,6$	$-0,1$	$-0,16$
	$210^\circ 34,0$	$30^\circ 34,2$	$-0,2$	$-0,26$
	$240^\circ 28,1$	$60^\circ 28,2$	$-0,1$	$-0,16$
	$270^\circ 15,2$	$90^\circ 15,2$	$0,0$	$-0,06$
	$300^\circ 17,1$	$120^\circ 17,0$	$+0,1$	$+0,04$
	$330^\circ 23,1$	$150^\circ 22,9$	$+0,2$	$+0,14$

$$\Sigma 2\varepsilon = +0,1;$$

$$2\varepsilon_0 = \frac{\Sigma 2\varepsilon}{12} = +\frac{0',7}{12} = +0',06.$$

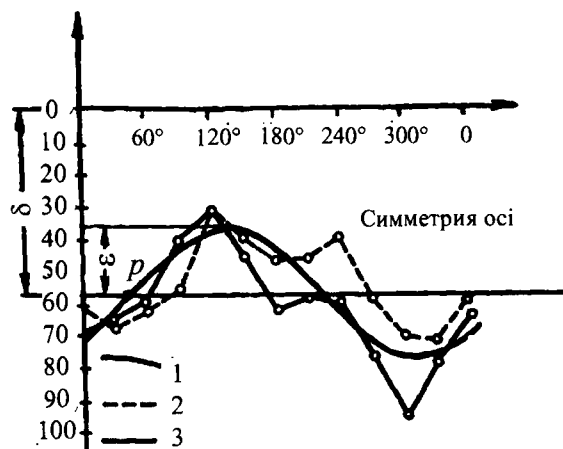
Алидада эксцентриситеті тура және кері бағытта екі рет анықталады да, d -ның мәндері бойынша график сызылады (3.23-сурет).

Графиктен бұрыштық эксцентриситет – $\varepsilon_{\max}$ және P есебі анықталып, сызықтық эксцентриситет l мына формула бойынша есептеледі:

$$l = R \sin \varepsilon_{\max}.$$

мұндағы R – лимбтің радиусы, 2Т2 теодолиті үшін $R = 45$ м

3-ТАРАУ. Геодезиялық-маркшейдерлік аспаптардың механикалық бөліктері



3.23-сурет. 2Т5К теодолитінің горизонталь дөңгелегінің алидада эксцентриситетін анықтау графигі:
1 – біркәлыпты тегіс қисық; 2 – тура жүріс; 3 – кері жүріс

Бақылау сұрақтары

1. Лупа деген не және оларды қайда пайдаланады?
2. Микроскоптың атқаратын міндеті.
3. Геодезиялық аспаптардың көру дүрбілері, құрылымы, атқаратын міндеті.
4. Көру дүрбісінің үлкейткіштігі қалай анықталады?
5. Көру дүрбісінің көру өрісінің бұрышын анықтау.
6. Теодолиттің осьтік құрылымы және механикалық бөліктері.
7. Лупа деген не және оларды қайда пайдаланады?
8. Микроскоптың атқаратын міндеті.
9. Геодезиялық аспаптардың көру дүрбілері, құрылымы, атқаратын міндеті.
10. Көру дүрбісінің үлкейткіштігі қалай анықталады?

4-ТАРАУ. ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТЕОДОЛИТТЕР

4.1. Теодолиттер туралы мәлімет

Теодолит (грек. *theadomai* – қараймын және *dolichos* – ұзын) – горизонталь, вертикаль бұрыштарды және жіптік қашықтық өлшеуіштің көмегімен арақашықтықты өлшеуге арналған маркашейдерлік-геодезиялық аспап. Зерттеу және құрылыс жұмыстарына арналған теодолиттер, әдетте, бусольдармен, ал олардың кейбіреулері дүрбісінде цилиндрлі деңгейлеуіштер және қашықтық өлшеуіш саптамамен жабдықталады. Теодолиттің бұрыш өлшеуіш дөңгелектері металдан және шыныдан жасалады. Біріншілерінің санақ тетігі – микроскоп-микрометрлер шкалалы микроскоптар, ал екіншілерінде оптикалық микрометрлер, шкалалы және штрихты микроскоптар болады. Шыны дөңгелегі бар теодолиттер *оптикалық теодолиттер* деп аталады. Осы терінің құрылысы бойынша теодолиттер *қарапайым*

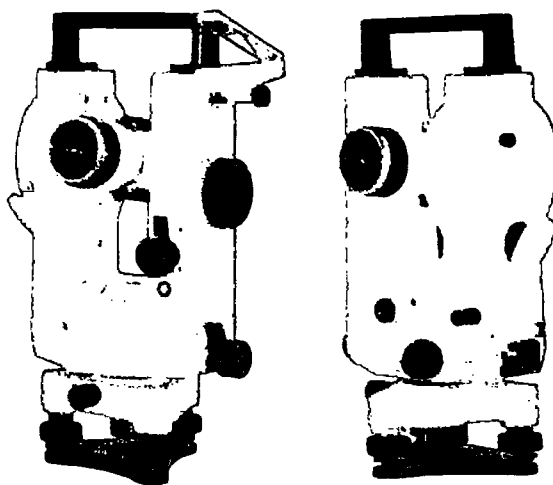
және бұрыштарды *қайталаулар* әдісімен өлшеуге мүмкіндік беретін *қайталауыш* болып бөлінеді. Теодолиттер дәлдігіне қарай: *жоғары дәлдікті, дәл және техникалық* болып үш топқа бөлінеді.

4.2. 3Т сериялы теодолиттер

3Т сериялы теодолиттерге 3Т2КП және 3Т5КП теодолиттері жатады. 3Т2КП теодолиті триангуляцияда, полигонометрияда, геодезиялық толықтыру тораптарында, қолданбалы геодезияда, астрономиялық-геодезиялық өлшеулерде горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеуге қолданылады.

3Т5КП теодолиті – бұрыштарды геодезиялық толықтыру тораптарында, қолданбалы геодезияда, іздену жұмыстарында, теодолиттік түсірістерде, жер бетіндегі маркашейдерлік жұмыстарда қолданылады (4.1-сурет).

4-ТАРАУ. Қазіргі заманғы теодолиттер



4.1-сурет. 3Т2КП және 3Т5КП теодолиттері

4.1-кесте

Теодолиттердің техникалық сипаттамалары

Техникалық сипаттамалары	3Т2КП	3Т5КП
Дүрбінің үлкейтуі, есе	30	30
Объективтің жарықтық диаметрі, мм	40	40
Көру өрісінің бұрышы, град.	1°35	1°35
Көздеудің кіші арақашықтығы, м	0,9	0,9
Вертикаль, дөңгелек компенсаторы жұмысының ауқымы	4	5
Санак микроскобының дәлдігі	1"	1'
Горизонталь бұрыш өлшеудің орташа квадраттық қателігі	2	5
Вертикаль бұрыш өлшеудің орташа квадраттық қателігі	2,4	5
Теодолит массасы, кг	4,7	4,3

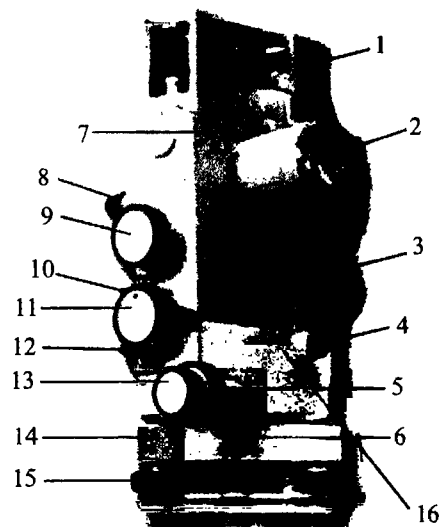
4.3. Carl Zeiss (Германия) теодолиттері

1. THEO 010B, микротриангуляция, полигонометрия, геодезиялық толықтыру тораптары, қолданбалы және инженерлік геодезия, арнайы геодезиялық жұмыстар, құрылыс, астрономиялық-геодезиялық өлшеулерде горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеуге қолданылады.

Горизонталь бұрыштарды өлшеу дәлдігі – 1,5", ал вертикаль бұрышы 2" құрайды. Көру дүрібісінің ұлғайтқыштығы – 30х, тура бейнелейді. Ал вертикаль дөңгелек компенсаторларының жұмыс істеу ауқымы 5'-тен аспайды, оптикалық центрир, теодолит массасы табанымен бірге 4,5 кг құрайды (4.2-сурет).

2. Теодолит THEO 015B. Горизонталь бұрыштарды өлшеу дәлдігі – 4", ал вертикаль бұрышы – 5-6" құрайды. Көру дүрібісінің үлкейтуі 30х, тура бейнелейді. Вертикаль дөңгелек компенсаторларының жұмыс істеу ауқымы 5'-тан аспайды, оптикалық центрир, теодолит массасы табанымен бірге 4,6 кг құрайды.

THEO 015B теодолиті – бұрыштарды геодезиялық толықтыру тораптарын, қолданбалы геодезия, инженерлік-ізденіс жұмыстары, құрылыс, теодолиттік түсірістер, жер бетіндегі геодезиялық-маркшейдерлік және т.б. жұмыстарда қолданылады.



4.2-сурет. THEO 010:

- 1 – тұтқасы; 2 – көру дүрбісі;
- 3 – айнасы; 4 – оптикалық центрлеу;
- 5 – вертикаль дөңгелектің жетекші бұрандасы; 6 – теодолит тұғырын бекітетін бұранда;
- 7 – визир; 8 – санақ микроскопы және кремалера; 9 – микрометрлік бұранда;
- 10 – вертикаль дөңгелектің бекіткіші;
- 11 – микроскоптағы вертикаль және горизонталь санақ көрінісін көрсететін бұранда;
- 12 – горизонталь дөңгелектің бекіткіші;
- 13 – горизонталь дөңгелектің жетекші бұрандасы;
- 14 – трегер;
- 15 – көтеру бұрандасы; 16 – сфералық деңгей

4-ТАРАУ. Қазіргі заманғы теодолиттер

3. **Теодолит THEO 020B.** Горизонталь бұрыштарды өлшеу дәлдігі – 5", ал вертикаль бұрышы – 6-8" құрайды. Көру дүрбісінің үлкейтуі 30х, тура бейнелейді. Вертикаль дөңгелек компенсаторларының жұмыс істеу диапазоны 5'-тан аспайды. Оптикалық центрир, теодолит массасы табанымен бірге 4,8 кг құрайды.

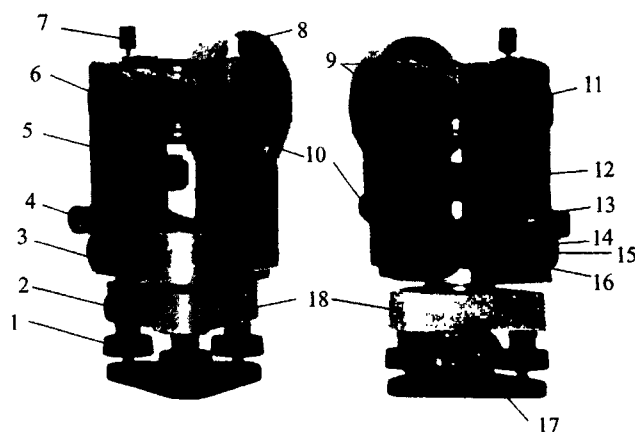
THEO 020B теодолиті тахеометриялық және теодолиттік түсірістер мен жоғары дәлдікті қажет етпейтін жұмыстарда қолданылады. Олар қолдануға ыңғайлы әрі қарапайым. Аспап тұғырында оптикалық центрир бар және ол штативті жүйе бойынша жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

4.4. 4Т – сериялы оптикалық теодолиттер

4Т сериялы оптикалық теодолиттер горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеу мен көру дүрбісіндегі деңгейлеуіш көмегімен нивелирлеу үшін қажет.

Бұл теодолиттер тахеометриялық, теодолиттік түсірістерге және жоғары дәлдікті қажет етпейтін жұмыстарда қолданылады.

Олар қолдануға ыңғайлы әрі қарапайым. Аспап тұғырында оптикалық центрир бар, ол штативті жүйе бойынша жұмыс істеуге мүмкіндік береді (4Т15П, 4Т30П) (4.3-сурет).



4.3-сурет. 4Т15П, 4Т30П теодолиттері:

- 1 – көтеру бұрандасы; 2 – теодолит тұғырын бекіту бұрандасы;
3, 15 – лимбті өзгертетін бұранда; 4, 13 – цилиндрлік деңгейлеуіш;
5, 12 – вертикаль дөңгелектің жетекші бұрандасы; 6 – көру дүрбісі; 7 – вертикаль дөңгелекті бекіту бұрандасы; 8 – буссольды бекітетін орын; 9 – көз мөлшерімен бағыттауға арналған көздегіш; 10 – микроскоптан санақ алуға жарық түсіретін айна; 11 – кремальера; 14 – горизонталь дөңгелектің жетекші бұрандасы; 16 – алидаданың бекіту бұрандасы; 17 – оптикалық центрлеу микроскобы; 18 – трегер

4-ТАРАУ. Қазіргі заманғы теодолиттер

Теодолиттердің ерекшеліктері:

- көру дүрбісінің тура бейнелеуі;
- лимбті арнайы бұранда арқылы бұрап қоюы;
- кез келген ауа райында жұмыс істеу қабілеті;

- салмағы жеңіл әрі қазіргі заманғы дизайн.

Теодолиттердің техникалық сипаттамалары 4.2-кестеде берілген.

4.2-кесте

Теодолиттің техникалық сипаттамалары

Техникалық сипаттамалары	4Т30П	4Т15П
Көру дүрбісінің үлкейтуі, есе	20	20
Көздеудің ең кіші қашықтығы, м	1,2	1,2
Вертикаль дөңгелек компенсаторының жұмыс ауқымы	4	5
Санак микроскопы шкаласының бағасы	1'	1'
Горизонталь бұрышты өлшеудің орташа квадраттық кателігі	20"	15"
Вертикаль бұрышты өлшеудің орташа квадраттық кателігі	30"	15"

4.5. Электронды теодолиттер

Қазіргі электронды теодолит бұл оптикалық-электронды аспап, оның құрамы теодолитпен, микропроцессорлы қашықтық өлшегіш пен өлшеу нәтижелерін сақтау және өңдеу функцияларымен қамтылған.

1. Лазер қондырылған LDT5D SOKKIA теодолиті

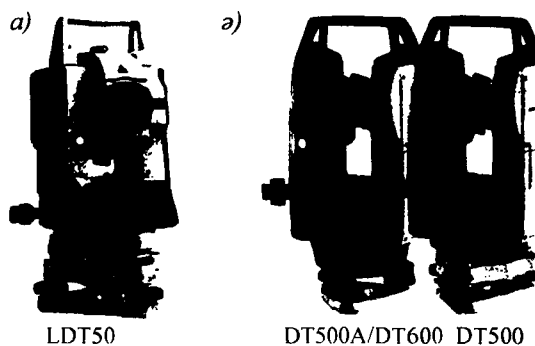
Лазер қондырылған LDT5D SOKKIA теодолиті тоннель, жерасты жұмыстарында жарығы әлсіз жерлерде жұмыс істеуге таптырмайтын аспап. Бұл аспап электронды теодолит пен лазерлі көздегіштің

қосындысын береді. Сәуле таратқыш лазер екі режимде жұмыс істейді: фокусталған сәуле (жоғарғы дәлдікте бағыттау үшін) және параллель шоғырланған (бағытты бақылау үшін) сәуле.

Екі осьті компенсатор бұрыштық өлшеулердің дәлдігін максимал алуға мүкіндік береді. Ұзақ мерзімді лазерлі диодтың екі сәулелену қуаты бар (1МВт – 200 м немесе 2,5 МВт – 400 м).

Аспаптың функционалды батырмалары өте ыңғайлы әрі қолайлы етіп жасалған (4.4-сурет). Стандартты жинаққа аспап, аккумуляторлар BDC25A 2 дана, зарядты құрылғы, нұсқаулар, футляр жатады.

4-ТАРАУ. Қазіргі заманғы теодолиттер



4.4-сурет. Лазер қондырылған
LDT5D және DT500, 500Д SOKKIA
теодолиттері

SOKKIA-нің DT500, 500Д, 600 теодолиттері DT500/600 электронды теодолиттердің жаңа сериясы болып табылады. DT бұрыштарды өлшеуге арналған жетік аспап. Аспапты қолдану кезінде санақ қателіктері толығымен жойылады (бұрыш нәти-

желері дисплейге беріледі). Аспап пішіні жағынан жұмыс істеуге қолайлы, жаңа дизайн, оптикалық центрлеу және қолайлы үлкен дисплеймен қамтылып, 4 кнопкамен жұмыс істейді.

4.3-кесте

LDT50, DT500A, DT600, DT500 теодолиттерінің техникалық сипаттамасы

	LDT50	DT500	DT500A	DT600
Көру дүрбісінің үлкейтуі	30х	30х	30х	26х
Өлшеу бұрыштарының ОҚК, "	5	5	5	7
Компенсатор	Екі осьті диапазонымен $\pm 3'$			-
Дисплей	4 жол x 20 символдан, 2 жол x 8 символдан, екі жағынан екі экран			2 жол x 8 символдан бір экран, бір жағынан
Батареясыз массасы, кг	5,7	4,7	4,6	4,2
Жұмыс температурасы, °C	- 20° - + 50°			

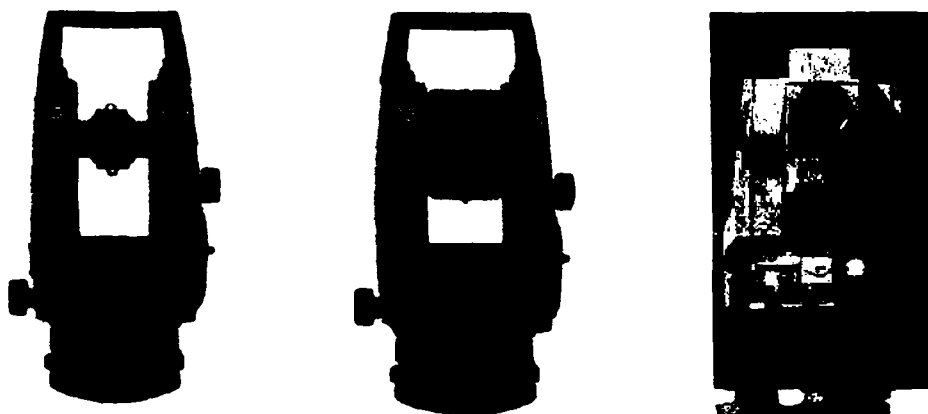
Сенімді екі осьті компенсатор (DT500/LDT50). Аспап С (R14) типті 2 батареямен жұмыс істейді. Сыртқы әсерлерден қорғалған, ауа райының қолайсыз жағдайларында да жұмыс істейді (катты шаңды, ылғалды, жаңбырлы жерде).

2. Leica Builder T100/T200, R100, R100M/R200, R200M электронды теодолиті

Builder T100/T200 электронды теодолиттері құрылыс саласында қолдануға арналған. Теодолиттің ОКҚ 9"-6" екі осьті компенсатор және лазерлік тіктеуішпен қамтылған. Көру дүрбісінің үлкейтуі 30 есе, сонымен қатар клавиатура, трегер құралдарымен қамтылған.

Builder R100, R100M электронды теодолиттері құрылыс саласында қолдануға арналған. Теодолиттің ОКҚ 9"-6" электронды теодолит екі осьті компенсатор, лазерлік тіктеуішпен, сонымен қатар клавиатура және трегер құралдарымен қамтылған. Көру дүрбісінің үлкейтуі 30 крат. Теодолит қашықтық өлшеу функциясымен қамтылған. Арақашықтық өлшеудегі қателігі 3 мм + 2 мм/км.

Builder R200, R200M электронды теодолиттері құрылыс саласында қолданылады. Теодолиттің ОКҚ 9"-6" екі осьті компенсатор және лазерлік тіктеуішпен қамтылған. Көру дүрбісінің үлкейтуі 30 есе, ол сонымен қатар клавиатура, трегер, призма, шағылдырғышқа арналған қада мен өлшенген деректерді көшіру және



4.5-сурет. Leica Builder T100, R200, R200M электронды теодолиттері

4-ТАРАУ. Қазіргі заманғы теодолиттер

енгізуге арналған (Lemo-USB) RS232 интерфейспен жабдықталған. Теодолит, қашықтық өлшеу функциясымен қамтылған. Арақашықтықты өлшеудегі қателігі 3 мм + 2 мм/км Ішкі жады бар, яғни 10000 нүктеге арналған. Бұл электронды теодо-

литтер бірнеше тілдер және Autocad бағдарламасында оқуға арналған «Direct.DXF» функциясымен қамтылған. Нүкте координаталарымен аттарын бірнеше қабаттарда сақтауға болады.

Бақылау сұрақтары

1. Микроскоптың атқаратын міндеті.
2. Геодезиялық аспаптардың көру дүрбілері, құрылымы, атқаратын міндеті.
3. Көру дүрбісінің үлкейтуі қалай анықталады?
4. Көру дүрбісінің көру өрісінің бұрышын анықтау.
5. Теодолиттің осьтік құрылымы мен механикалық бөліктері.
6. ЗТ2КП және ЗТ5КП теодолиттері дүрбілерінің конструкциясы қандай?
7. Санақ алу құрылғылары.
8. Деңгейлеуіштер.
9. Компенсаторлар.
10. Theo-010 және Theo-020, 015 теодолиттері дүрбілерінің конструкциясы қандай?
11. Электронды теодолиттер туралы не білесіз?

5-ТАРАУ. ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ НИВЕЛИРЛЕР

5.1. Нивелир конструкцияларының ерекшеліктері, олардың сипаттамалары

Белгіленген талаптарға сай нивелирдің үш түрі шығарылады: жоғары дәлдікті нивелир – Н05, олар 1 және 2 кластық нивелирлеуді жүргізуге; дәл сериялы нивелирлер – Н3, 3 және 4 кластық нивелирлеуді жүргізуге және техникалық сериялы нивелирлер – Н10, олар техникалық нивелирлеуде, топографиялық түсірістер мен инженерлік-геодезиялық ізденістерде қолданылады.

Стандарт бойынша нивелир *Н* әрпімен белгіленеді, *Н* әрпінен кейінгі сан 1 км-лік қос жүрістегі өзара биіктіктің орташа квадраттық кателігін көрсетеді. Нивелирлерде көру дүрбісі цилиндрлік деңгейлеуішпен не компенсатормен жабдықталады. Егер компенсаторы болса, онда дәлдікті көрсететін саннан кейін *К* әрпі қосылып жазылады. Сонымен қатар, дәл және техникалық нивелир,

горизонталь бұрыштарды өлшеуге лайықталған лимбтармен жабдықталған. Ол жағдайда нивелир шифрына *Л* әрпі қосылады. Егер көру дүрбісі заттың тура бейнесін көрсетсе, онда нивелир шифрына *Л* әрпі қосылып жазылады. Мысалы, Н-10КПЛ деген техникалық нивелирдің компенсаторы, ол лимбасы бар және көру дүрбісі тура бейне көрсететінін айқындайды.

Н-05 нивелирі Н-2 нивелирі негізінде 1979 жылдан бастап шығарылды. Нивелирдің дүрбісі – іштен фокустағыш, контактілі цилиндрлік деңгейлеуіші, оптикалық микрометрі, элевациялық бұрандасы, қысып қоятын және дүрбіні дәл көздеуге қажет көздеуші бұрандалары бар.

Н-3 нивелирі 1977 жылдан бастап шығарыла бастады. Оның компактті цилиндрлік деңгейлеуіші және элевациялық бұрандасы бар. Цилиндрлік деңгейлеуіш көпіршігінің екі жағының бейнесі дүрбінің көз шалымына призмалық жүйелер арқылы келіп түседі. Н-3 нивелирінің

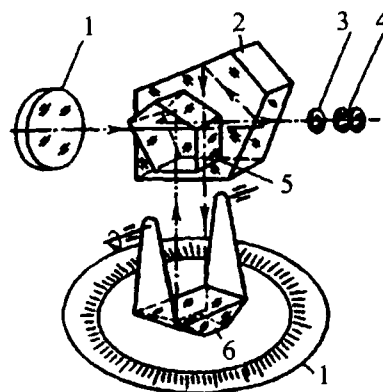
5-ТАРАУ. Қазіргі заманғы нивелирлер

жанартылып шығарылған түрі – Н-ЗК нивелирі. Бұл нивелирде маятникті компенсатор орнатылған. Н-ЗК нивелирі горизонталь лимбпен жабдыкталып, Н-ЗКЛ болып жарық көрді, мұндағы лимб бөліктері шкаласының дәлдігі – 1° . Лимбта есеп $0,1^\circ$ қателікпен алынады.

Н-10 нивелирі – тура бейне көрсететін ішкі фокустағыш линзасы бар дүрбіден, контактілі цилиндрлік деңгейлеуіштен, элевациялық бұрандадан тұрады (5.1-сурет). Бұл нивелирдің бір ерекшелігі – ол жұмыс бабына тұғырық көтергіш бұрандалардың рөлін атқарушы штативтегі шарлы табан арқылы келтіріледі. Бұл нивелирде горизонталь лимбпен бірге 2Н-10Л деген шифрмен шығарылады.

Компенсатор ретінде тік бұрышты призма қолданылады. Көру дүрбісінің фокустағыш линзасы жоқ. Оның қызметін вертикаль бағытта жылжи алатын компенсатордағы тік бұрышты призма атқарады.

Нивелир дүрбісі заттың тура бейнесін көрсетеді. Ол толығымен айналатын екі пентапризма жүйелері арқылы жүзеге асады. Нивелир көру дүрбісі, компенсатордың комплектілері мен басқа да оптикалық бөліктермен төрт бұрышты қаптамада орналасқан. Нивелирдің төменгі жағында 1° -тық шкалаларға бөлінген горизонталь лимб бар.



5.1-сурет. Н-10КЛ нивелирінің көру дүрбісінің оптикалық сызбанұсқасы:

- 1 – объектив; 2, 5 – пентапризма;
- 3 – жіп торы; 4 – окуляр;
- 6 – компенсатордың тік бұрышты жылжымалы призмы;
- 7 – горизонталь лимб

Қазір дүние жүзінің көптеген елдерінде нивелирлер шығарылады, олардың 40%-ы компенсаторлы. Компенсаторлы нивелирлердің тиімділігінің жоғарылығына қарамастан, деңгейлеуішті нивелирлер де күннен-күнге жетілдіріліп келе жатыр.

5.2. Нивелирлік рейкалар, олардың тексерулері

5.2.1. Өзара биіктікті анықтаудың жұмыстық өлшемдері

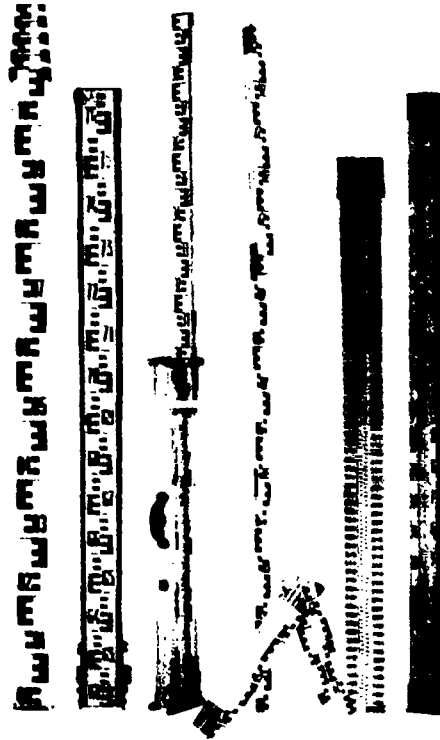
Нивелирлік рейкалар қылқан жапырақты ұзақ тұрған ағаштан жаса-

лады. Рейканың бір жағы кара, екінші жағы қызыл бояумен боялады және цифрланады. Алып жүруге қолайлы рейкалар бүктемелі және жиналмалы болып келеді. Онда әрбір дециметр жазылады, ал сантиметрлік бөліктер санақ алуды жеңілдету мақсатымен 5 см сайын топтарға біріктірілген. Мысалы, *E* әрпіне сәйкес топ 50 мм-ді көрсетеді. Рейканың ең кішкене бөлігінің сандық шамасы *рейканың дәлдік бағасы* деп аталады. Жиналмалы және тұтас рейкалардың ұзындығы 3-4 м-ге тең. Оларды дәл және техникалық жұмыстарға арнап шығарады. III және IV кластық нивелирлеулерде әдетте 3 метрлік, екіжақты, сантиметрлік бөліктері бар шашкалы рейкалар қолданылады. Рейканың төменгі жағына оны тез тозудан қорғайтын болат пластинкадан жасалған табан қағылған.

РНЗ (Р – рейка, Н – нивелирлік, 3-1 км – екі жүрістегі өзара биіктік анықтаудың орташа квадраттық қателігі 3 мм) деп цифрланады. Нивелирлік рейкалармен қолайлы әрі тез жұмыс істеу үшін оларға қосымша дөңгелек деңгейлеуіш пен тұтқа орнатылған (5.2-сурет).

Рейкалар біржақты немесе екіжақты болып келеді.

Екіжақты рейкалардағы 1 – см-лік бөліктер бір жағында кара, ал екінші жағында қызыл түспен белгіленген. Рейканың кара жағында есептеу нөл-



5.2-сурет. Нивелир рейкалары

ден басталады да, ол негізгі жағы болып есептеледі. Рейканың қызыл жағы тексеру үшін қажет, оның табаны нөлден емес басқа саннан, мысалы 4687 не 4787 мм-ден басталады. Егер нивелирлеу кезінде рейканың екі жағынан санақ алынса, онда қызыл жағынан алынған санақтан, кара жағынан алынған санақты шегергенде әрқашан 4687, 4787 саны қалып отыруы қажет. Бұл санақ алудың дәлдігін әрі дұрыстығын көрсетеді. Жұмыс жүргізер алдында нивелирлік рейкалар тексерілуі тиіс. Нивелирлік

5-ТАРАУ. Қазіргі заманғы нивелирлер

рейкалар ауа райының кез келген жағдайларында қолданыла береді. Оның жұмыс істеу диапазоны – 40...+50°C.

Қазіргі таңда құрылыс пен инженерлік жұмыстарға арналған 3, 4, 5 м-лік бір және екіжақты телескопиялық алюминийден жасалған жиналмалы рейкалар қолданылуда (TS3-3E). Сонымен қатар, сандық нивелирлерге арналған жиналмалы штрих кодты екіжақты рейкалар геодезиялық жұмыстарда кеңінен қолданылуда.

РН-05 рейкасы. I және II кластық нивелирлеулерде инварлық 3-м рейкалар қолданылады. Ағаштан жасалған рейка ұзындығы – 3060 мм, ені – 85 мм, қалыңдығы 40 мм-ді құрайды. Рейканың ортасынан ұзына бойына 6-8 мм құрайтын ойық жасалып, оған бөліктері бар инварлық лента орнатылған.

Талапқа сай нивелирлік рейкалардың жалпы түрі. Инварлық лентаның ұзындығы 3000 мм, ені – 25 мм, қалыңдығы – 0,6 мм. Инварлық лентаға негізгі (оң жағы) және қосымша (сол) екі шкала бөліктері салынған. Әр шкаладағы (штрихтар) сызықтар 5 мм сайын белгіленген. Сызықтардың қалыңдығы – 1 мм, ұзындығы – 6 мм. Екі шкаланың аралығы – 2,5 мм. Негізгі шкала 0-ден 60-қа дейін, ал қосымшасы 60-тан 119-ға дейін жазылған. Олар жарты дм өлшемге негізделген. Қосымша және негізгі шкаланың айырмашылығы тұрақты

59,25 жарты дм тең. Шкаланың инварлық жолағындағы бөлігін жоғарғы дәлдікпен жасайды. Ал рейканың ең кіші 5 мм бөлігі 0,05 мм-ден аспауы тиіс.

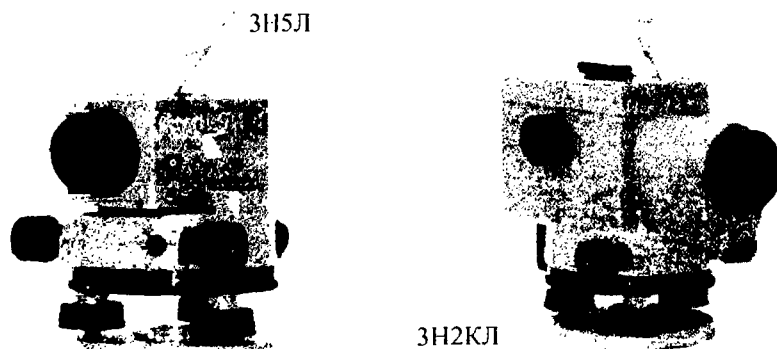
5.3. Оптикалық нивелирлер

Оптикалық нивелирлер – ең көп таралған аспаптар. Олардың әртүрлілігі – қолдану аумағының кеңдігіне байланысты: құрылыста және жабдықтарды монтаждауда, мемлекеттік нивелирлік тораптарды құруда кеңінен қолданылады. Стандарт бойынша нивелирлер техникалық, дәл және жоғарғы дәлдікті болып бөлінеді.

ЗН2КЛ, ЗНЗКЛ, ЗН5Л, Н-05 нивелирлері

ЗН5Л – дүрбісінде цилиндрлік деңгейлеуіш және горизонталь лимбасы бар техникалық нивелир. Орташа квадраттық қателігі – 4 мм, тура бейне береді, үлкейтуі – 20х, ең кіші көздеу арақашықтығы – 1,2 м, жұмыс ауқымы $\pm 15'$, массасы – 1,4 кг (5.3-сурет).

ЗН2КЛ – нивелирі горизонталь лимбасы бар, дәл автоматтандырылған нивелир. Өзара биіктікті анықтаудағы орташа квадраттық қателігі: микрометрлі саптамамен – 1 мм, саптама-сыз – 2 мм. Тең, дүрбісі тура бейнені көрсетеді. Жұмыс ауқымы $\pm 15'$, массасы – 2 кг.



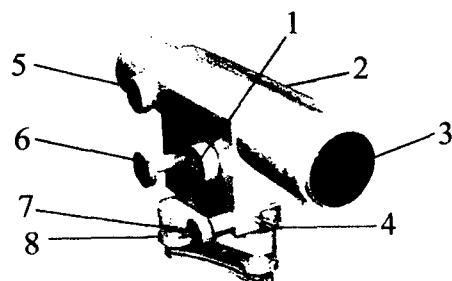
5.3-сурет. Техникалық және дәл нивелирдің сырт көрінісі

3Н3КЛ – горизонталь лимбамен жабдықталған техникалық автоматты нивелир. Кешенінде нивелирдің өзі, нұсқаулығы, құжаты, алып жүруге лайықталған қапшығы бар.

4Н3КЛ – горизонталь лимбамен жабдықталған Ресейдің соңғы шығарған автоматты нивелирі. Қателігі – 2,5 мм/км, үлкейту 23х есе, магниттік компенсатор, салмағы – 1,5 кг.

Н-05 – жоғары дәлдікті нивелир (5.4-сурет). Ол мемлекеттік тораптарда I және II кластық нивелирлеу жүргізу үшін және геоэкономикалық полигондарда, инженерлік-геодезиялық жұмыстарда да пайдаланылады. Жоғарғы дәлдікті Н-05 нивелирі Н2 негізінде жасалған.

Н-05 нивелирімен жұмыс істегенде жарты сантиметрлік бөліктері бар арнайы рейкалар қолданылады. Н-05 нивелирінің техникалық сипаттамасы 5.1-кестеде келтірілген.



5.4-сурет. Н-05 – нивелирі:

1 – санақ алу шкаласының бұрандасы;
2 – контакт деңгейлеуші; 3 – көру дүрбісі; 4 – горизонталь жағдайды бекіту бұрандасы; 5 – фокустаушы бұранда; 6 – элевациялық бұранда; 7 – жетекші бұранда; 8 – көтеру бұрандасы

Жоғарғы дәлдіктегі Ni004 нивелирі «Карл Цейс Йена» (ГДР) жоғарғы техникалық көрсеткіштерімен сипатталады. Ол негізінен I және II кластық нивелирлеу жұмыстарында қолданылады.

Н-05 нивелирінің техникалық сипаттамасы

Өзара биіктік анықтаудың 1 км қос жүрістегі орташа квадраттық кателігі, мм	0,4
Бейнелеу түрі	кері
Көру дүрбісінің үлкейтуі, есе	42х
Көздеудің ең кіші арақашықтығы, м	2,2
Денгейлеуіш бөліктерінің дәлдігі	10"/2 мм
Массасы, кг	6,0
Көлемі	400*160*220
Кепілдік мерзімі	2 жыл

Жоғарғы дәлдікті компенсаторлы нивелирлер. Геодезиялық өлшеулердің автоматтандыру процесіне байланысты көздеу (денгейінің) сызығының өздігінен (горизонталь жағдайға келуі) құрылатын нивелирлер кеңінен тарала бастады. Бұл аспаптарда денгейлеуіш орнына нивелирдің көлбеу бұрышының компенсаторы қолданылады.

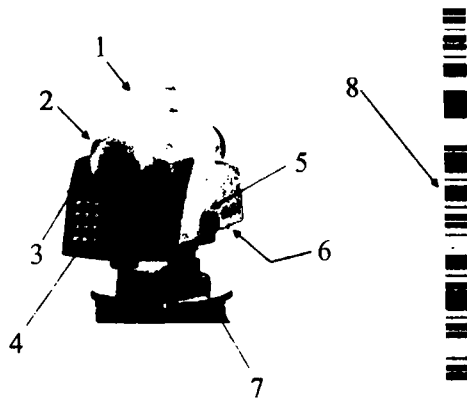
Компенсаторлы Ni002 нивелирін «Карл Цейс Йена» шығарған, ол I және II кластық нивелирлеу жұмыстарында қолданылады. Оның жұмыс істеу кезіндегі орташа квадраттық катесі 0,05"-тен аспайды.

5.4. DiNi 12/12t/22 сандық нивелирі

Сандық нивелирлер – қазіргі заманғы көптеген жұмысты атқаратын геодезиялық аспап. Ол дәлдігі жоғары оптикалық нивелирден, мәліметті сақтап қоятын электронды құрылғыдан және алынған нәти-

желерді өңдейтін есептеу бағдарламасымен қамтамасыз етілген жабдықтан тұрады. Баска нивелирлерге қарағанда сандық нивелирлердің басты айырмашылығы – ішінде орналасқан электронды құрылғы. Электронды құрылғы арқылы арнайы рейкадан өте жоғары дәлдікпен санақ алуға болады.

Сандық нивелирлерді қолданғанда уақыт үнемделіп, өлшеу процесі жылдамдатылады. Өлшеу үшін аспапты рейкаға көздеп, бейнені айқындап, санақ алу пернесін басса жеткілікті. Аспап өлшеулерді өзі автоматты түрде жүргізеді, алынған нәтижелер мен рейкаға дейінгі арақашықтықты цифрлы түрде көрсетеді. DiNi электронды нивелирлеріндегі алдыңғы қатарлы технологиялар мен қолайлы интерфейсы жұмыстың сапасы мен өнімділігін арттыруға мүмкіндік туғызады. Арақашықтықтарды DiNi нивелирлері арқылы өлшеу мүмкіндігі иіндерді теңестірудің жылдам тәсілі болып отыр.

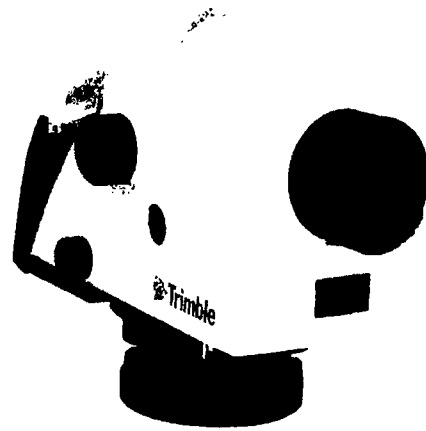


5.5-сурет. DiNi 22 нивелирі:

- 1 – айқындаушы бұранда; 2 – тұтқасы;
3 – деңгейлеуіш; 4 – клавиатурасы;
5 – горизонталь бағытта бұрайтын
бұранда; 6 – батареясы; 7 – жады;
8 – штрих кодты рейка

DiNi 12 және DiNi 12T электронды нивелирлері – өзара биіктік пен арақашықтықтарды дәл өлшеудің ең жақсы құралы. DiNi 12T нивелирінің DiNi 12-ден айырмашылығы – онда бұрыш өлшеу үшін қажет горизонталь лимбаның орнатылғандығы. DiNi 12 және DiNi 12T аспаптары, нивелирлік жүрістерді есептеуге және теңестіруге мүмкіндік береді. Сандық DiNi 22 нивелирі дәлдігі төмендеу жұмыстарды жүргізгенде қолдануға лайықталған. Өзара биіктікті анықтаудың 1 км қос жүрістегі орташа квадраттық қателігі $\pm 0,3$ мм, дүрбінің үлкейтуі $\Gamma = 32\times$ есе.

Ішкі есептеу бағдарламалық жабдығында биіктіктерді нивелир жүрістерінің орнын жобадан жерге көшіру, жүрісті теңестіру бар. Ал DiNi12T аспабында нүктелердің координаталарын анықтайтын электронды тахеометрдің режимі бар.



5.6-сурет. DiNi 12 сандық нивелирі

Аспаптың жинағына: электронды нивелир, 1 – аккумулятор, жадында сақтайтын IMBPCMCIA SRAM картасы (бұл тек DiNi 12 және 12T аспаптары үшін), зарядтық құрылғы, түзетпе жабдықтары, деректерді беру бағдарламасы, пайдаланушыға нұсқау, қапшық кіреді.

Нивелирдің техникалық сипаттамалары

Техникалық сипаттамалар	DiNi 12	DiNi 12T	DiNi 22
Өзара биіктік анықтаудың 1 км	0,3	0,3	0,7
қос жүрістегі кателігі	1,0	1,0	1,3
Үлкейтуі, есе	32	32	26
Компенсатордың ауқымы	+15	+15	+15
Өлшейтін арақашықтық шегі, м	1	1,5-100	
Арақашықтық өлшеу дәлдігі, мм	0,5 D0,001		
Өлшеу уақыты, с	1,0 B0,01		
Ішкі сақтау жүйесі	22 клавиштер/графиктік, 4 этол 21 символ PCMCIA карта SRAM		
Жұмыс температурасы, С°	– 20° – +50°		
Бір аккумулятордың зарядттық уақыты	3 күн	3 күн	1 жеті

*DNA Leica Geosystems серияларының
сандық электронды нивелирлері*

Leica Geosystems компаниясының DNA сериялы нивелирлері – биіктіктермен арақашықтықтарды автоматты түрде тіркеп, бейнелерді сандық өңдеуге лайықтаған дүние жүзіндегі алғашқы нивелирлер.

DNA – сандық нивелирлер жасап шығару көшбасшысы – *Leica Geosystems* фирмасының барлық алдыңғы қатарлы идеялары пайдаланылып жасалған екінші буынды нивелирлер. Нивелирдің сырт бейнесі осы күнгі дизайнмен жасалғандығы, нарықтағы ең үлкен және эргономикалық сұйық кристалл дисплейлі екендігі бірден көңіл аударады. Алдыңғы қатарлы электронды технологиялар, ең күшті оптика мен дәл механикасы, 700 сериялы тахеометрлер-

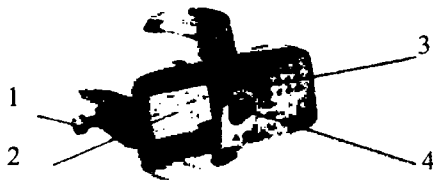
ге негізделуі – қолданушыға ыңғайлы интерфейсі адамның жұмысын қолайлы етіп, еңбек өнімділігін арттыра түседі.

Бұл нивелирлердің ең басты ерекшеліктері – еңбек өнімділігін 50% арттыратындығы, өлшеу бағдарламаларының интегралданғандығы, биіктіктерді үздіксіз есептей алатындығы, ыңғайлы және эргономикалығы. Есептеу бағдарламалар пакеті өлшеу нәтижелерін әрі қарай өңдей беруді қамтамасыз етеді. Мысалы, пикеттерден алынған нәтижелерді өңдеу, нивелирлік жүрістерді теңестіру, нивелирлік тораптарды теңестіру, профильдерді жасау және басып шығару.

DNA 03 – I және II класты нивелирлеу, жарықшақтарды бақылау, өндірістік өлшеулер жүргізуге арналған жоғарғы дәлдікті нивелир (5.7-сурет).

5-ТАРАУ. Қазіргі заманғы нивелирлер

Нивелир тұтынушының белгіленген дәлдігіне сай өлшеу нәтижелерін бір-бірімен салыстыру әдістемесі бойынша жұмыс істейді. Тұрақты нәтижелер температураның әсерін ескере отырып, өлшеулерді автоматты түрде жүргізу арқылы алынады. Жан-жақты, жоғары дәлдікті, жұмыс істегенге қолайлы әрі қарапайым аспап.



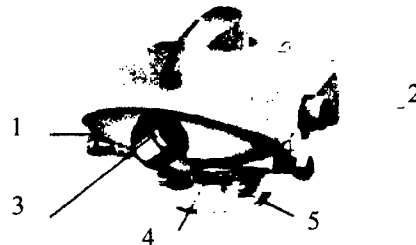
5.7-сурет. Жоғарғы дәлдікті DNA 03 – нивелирі:

1 – горизонталь жазықтықтағы жетекші бұранда; 2 – дисплей;
3 – жұмыс істеу функцияларын реттейтін пернелер; 4 – көру дүрбісі

DNA 10 нивелирі топографиялық, құрылыс жолдары, тоннельдер салу және тау-кен жұмыстарын, бақылау өлшеулерін, биіктік бөлу, т.б. жұмыстарды жүргізуге арналған (5.8-сурет).

Аспап ішіндегі есептеу бағдарламалар тізбегі:

- рейкадан санақ алу және арақашықтықтарды анықтау;
- жүріс ұзындықтарын ажырату және байланыстыру;
- есептеу бағдарламалар арқылы аралық санақ алу және бөлу жұмыстарын желілік нивелирлеу;



5.8-сурет. Жоғарғы дәлдікті DNA 10 сандық нивелирі:

1 – горизонталь жазықтықтағы жетекші бұранда; 2 – кремалера;
3 – көру дүрбісі; 4 – лимб;
5 – көтеру бұрандасы

• биіктіктерді автоматты түрде есептеу;

- тесттеу және тексеру;
- кодтау;
- айырбастау (алмастыру).

SPRINTER электронды нивелирі

LEICA SPRINTER – құрылыс алаңының күрделі жағдайында жұмыс істеуге арналған жаңа электронды нивелир. **LEICA SPRINTER** – жаңа электронды нивелирін жасауда «Leica Geosystems» фирмасының 15 жыл бойы жинақтаған бай тәжірбиесі пайдаланылды.

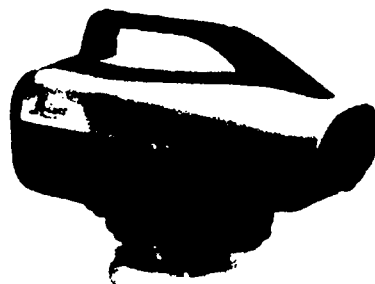
Электронды нивелир, құрылыс алаңының күрделі жағдайларында қолдануға арналып жасалған. Нивелир жарық жеткіліксіз жағдайда, тоннельдерде, ғимарат ішінде және түнде қосымша қол жарығымен жұмыс істей алады.

DNA03, DNA10 сандық нивелирінің техникалық сипаттамасы

Техникалық сипаттамалар		DNA03	DNA10
1 км-лік екі жүрістегі ОКҚ	Электронды өлшеулер	0.3 мм	0.9 мм
	Оптикалық өлшеулер	2 мм	
Өлшеу ауқымы	Электронды өлшеулер	1.8 м-ден 110 м-ге дейін	
	Оптикалық өлшеулер	0.6 м шексіздікке дейін	
Арақашықтықты өлшеу дәлдігі		10 мм / 20 м (500 ppm)	
Электрондық өлшеулер			
Биіктікті өлшеу қабілеті		0.01 мм	0.1 мм
Деректерді тіркеу			
Ішкі жады		6000 өлшем	
Деректерді сақтау		PCMCIA жады картасы (ATA-Flash/SRAM)	
Өлшем бірлігі		RS232 порт арқылы GSI форматы	
Ішкі жадыдағы деректермен алмасу		GSI8/GSI16/XML/ форматтары	
Үлкейту		24x есе	
Дисплей		LCD, 8 таңба x 24 символ	
Көлбеу мәні		± 10'	
Компенсаторды құру дәлдігі		0,3"	0,8"
Батареясы			
GEB111		12 сағат	
GEB121		24 сағат	
Жұмыс істеу ұзақтығы		60 сағатқа дейін	50 сағатқа дейін

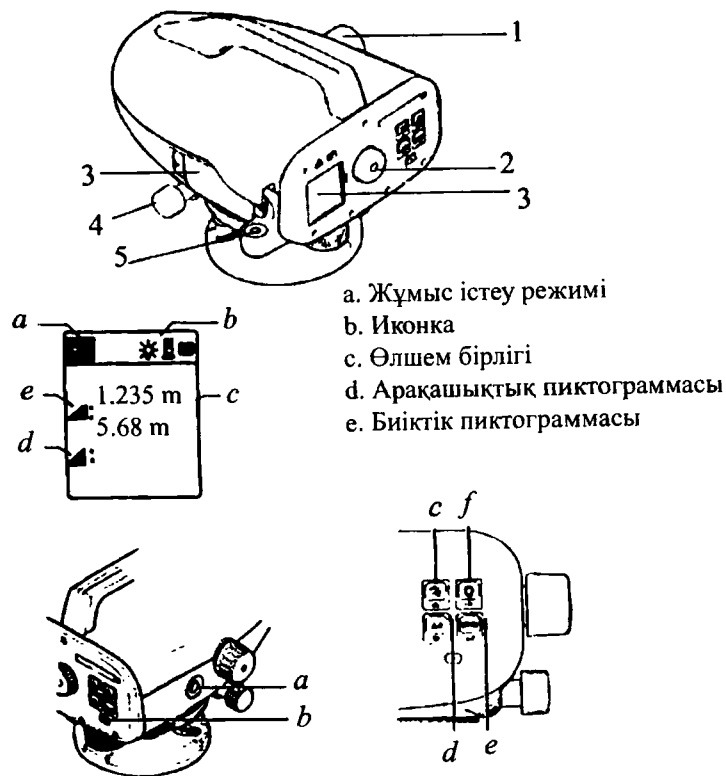
Нивелирдегі «электрондық көз» құрылыс алаңындағы нивелирлеу кезіндегі санақ алу және жазу кезіндегі қателіктерді жойып отырады. Клавиатурасы карапайым әрі дисплейі үлкен. Қолдануға ыңғайлы интерфейс. Нивелирдің горизонттан өрескел ауытқуын ішінде орналасқан датчик дер кезінде ескертіп отырады. Станциясында өзара биіктіктер есептейтін, ара қашықтықтарды горизонтка келтіретін, теңестіретін үздіксіз өлшеу режимдері және т.б. қызметтерді атқаратын ішкі есеп-

теу бағдарламалары бар бұл нивелир геодезистің ең тиімді көмекшісі болып есептеледі.



5.9-сурет. Цифрлы электронды SPRINTER нивелирі

5-ТАРАУ. Қазіргі заманғы нивелирлер



5.10-сурет. SPRINTER нивелирінің құрылысы және қолдану пернелері функциясы:

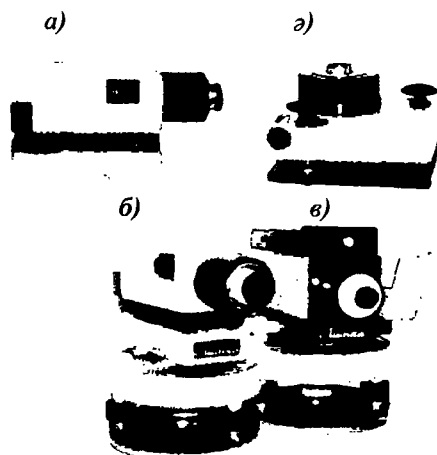
- 1 – Фокустаушы бұранда; 2 – окуляр; 3 – батарея салатын орын;
 4 – нивелирдің өз осінде айналуын реттейтін микрометрлік бұранда;
 5 – сфералық деңгейлеуіші. a – нивелирді қосу және сөндіру пернесі;
 b – өлшеу пернесі; c – дисплейге биіктікті немесе арақашықтықты шығару;
 d – өзара биіктікті өлшеу және биіктікті есептеу; e – мәзірге кіру және таңдауды
 растау; f – дисплейге жарық қосу

SPRINTER нивелирінің техникалық сипаттамасы

Техникалық сипаттамасы	SPRINTER 100/100M	SPRINTER 200/200M
Биіктікті өлшеу дәлдігі	1 км-лік екі жүрістері биіктікті өлшеу ОКҚ (ISO 17123-2)	
Алюминийді рейкадан электронды өлшеу	2 мм	1.5 мм
Арақашықтықты өлшеу дәлдігі	Арақашықтықты өлшеудегі ОКҚ 10 мм D< 10 м үшін және (D в м x 0.001) D> 10 м үшін	
Алюминийді рейкадан электронды өлшеу		
Электронды өлшеу ауқымы	2 м – 80 м (0.5 м-теи-оптикалық)	
Бір ретті өлшеудегі уақыт	< 3 сек.	
Өлшеу режимі	Бір ретті және іздеу	
Компенсатор		
Тип	Магнитті демпфермен	
Жұмыс ауқымы	± 10'	
Компенсаторды құру дәлдігі	0,8"	
Деректерді тіркеу		
Ішкі жады	500 өлшеу (тек қана М версиясында)	
Жұмысты өлшеуі	RS232 порт арқылы GSI форматы (тек қана М версиясында)	

5.5. Лазерлі нивелирлер

Лазерлі нивелирлер – лазер сәулесі арқылы горизонталь, вертикаль немесе көлбеу жазықтықтарға бағыт беру үшін қажет. Лазерлі нивелирлердің оптикалық нивелирлерге карағандағы негізгі ерекшелігі – құрылған жұмыс жазықтығын көру мүмкіндігі. Бұл аспаптар геодезиялық құрылыс үлескілеріндегі бөлу және монтаждау жұмыстарын, әр түрлі жабдықтарды тексереді. Олардың бағыттарын белгілеуге, бағыт беруде, қабырғаларды тұрғызуда, аспалы төбелерді, едендерді тегістеуде, плиталарды салуда, ландшафтық жұмыстарды автоматтандыруда және басқа да көптеген жағдайларда кеңінен қолданылады.

**5.11-сурет. Лазерлі нивелирлер:**

а) кіші-лимка; ә) зенит-лимка;

б, в) горизонт ІЛ/КІ

Кіші-лимка шағын лазерлі нивелир горизонталь жазықтықтарды құру үшін қажет. Аспапты кез келген жерге немесе конструкциялардың бір элементтеріне бекітіп қойып жұмыс істей беруге болады. Вертикаль жазықтықтарды құру үшін 90° бұратын пентапризма қолданылады. Аспап жинағына нивелир, бұратын пентапризма, АА типті 2 батарея, көздеуіш, шпилька паспорт, қапшық кіреді.

Зенит-лимка – вертикаль сәуле мен горизонталь жазықтықты құруға қажет қарапайым зениттік аспап. Сәулені вертикаль бағытқа келтіру үшін ол екі элевациялық бұрандалармен және екі цилиндрлік деңгейлеуішпен жабдықталған. Горизонталь жазықтықты құру үшін 90° -қа бұратын

пентапризмасы бар. Стандартты жинаққа: аспаптың өзі, бұратын пентапризма, АА типті 2 батарея, көздегіш, құжаты, қабы кіреді.

Горизонт 1Л/К1 лимка – жазықтықты құрудың ең қарапайым конструкциялы нивелирі. Биіктіктерді жобадан жерге көшіру және ғимарат ішіндегі бөлуді жүргізу үшін горизонталь лазерлі сәуле құрады. Пентапризмалы саптаманы қолдану арқылы вертикаль жазықтықта да жұмыс істеуге болады. Аспапты жұмыс бабына келтіру компенсатор (Горизонт-лимка) немесе лимка-горизонт моделіне цилиндрлік деңгей арқылы жүргізіледі. Стандартты жиынтыққа: аспаптың өзі, көздегіш, АА тәрізді 2 батарея, құжат, қапшық кіреді.

Бақылау сұрақтары

1. Жаңа нивелирдің негізгі сипаттамалары.
2. Нивелирлік рейкалардың түрлері, олардың зерттеулері және тексерулері.
3. Кеңінен таралған оптикалық нивелирлер.
4. Оптикалық нивелирдің түрлері.
5. Нивелирлік рейкалардың түрлері, оларды зерттеу және тексеру.
6. Кеңінен таралған оптикалық нивелирлер.
7. Оптикалық нивелирдің түрлері.
8. Цифрлы нивелирлер.
9. Лазерлік нивелирлер.
10. Электронды нивелир туралы не білесіз?

6-ТАРАУ. ЖЕРАСТЫ БАҒДАРЛАУ АСПАПТАРЫ

6.1. Гироскоптық аспаптар

Тау-кен өндірісіндегі маркшейдерлік түсірімдерді жүргізу соңғы жылдары жеңілденуде және дәлдіктері жоғарылауда. Әсіресе, Ресейдің маркшейдерлік ғылыми-зерттеу институты (ВНИМИ) ғалымдарының жасап шығарған жеңіл және атпаға қауіпсіз гирокомпасары кеніштегі бағдарлауда кеңінен қолданылуда.

Соңғы жылдары шахтыда жоспарлы тірек торларын құру әдістерінде түбірлі өзгерістер болды. Онда габаритті атпаға қауіпсіз гирокомпасарды қолдана бастады.

Гирокомпас немесе гиротеодолит – бұл бұрыш өлшейтін аспап, мұнда гирокомпас пен теодолит бірге қосылып жасалынған. Бір қабырғаның дирекциондық бұрышын гирокомпаспен анықтауды гироскоптық бағдарлау деп атайды.

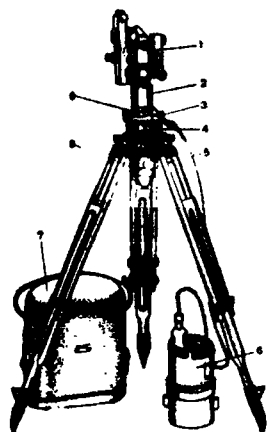
Маркшейдерлік гирокомпасарды дайындау және конструкторлаудың ролін ВНИМИ өз иелігіне алды.

Онда гироскопиялық зертхана, арнайы конструкторлық бюро жана маркшейдерлік-геодезиялық аспаптарды дайындайтын тәжірибелі экспериментті завод құрылған.

Жерасты қазбаларын бағдарлау мақсатымен ВНИМИ гирокомпасардың 10 шақты түрін жасап, өндірісте сынақтан өткізді. Мәселен, М-2, М-3, МУГ-2 гирокомпасары 1951-1959 жылдары шахталарды бағдарлауда қолданылды.

1959-1969 жылдар аралығында ВНИМИ салмағы жеңіл және атпаға қауіпсіз МВ1, МВ2, МВШ3 маркаларын шығарды. Солардың ішінде ілмелі торсионы бар МВТ2 және МВТ4 гирокомпасары жерасты маркшейдерлік тораптары мен басқа да жұмыстарды жүргізуде кеңінен қолданылуда.

Тау-кен өндірісі қазіргі кезде МВТ2 (маркшейдерлік атпаға қауіпсіз, торсионды) гирокомпасымен (6.1-сурет) қамтамасыз етілген.



6.1-сурет. MBT2 гирокомпасының жалпы бейнесі:

- 1 – гирокомпасының бұрыш өлшеу бөлігі;
- 2 – айналу корпусы; 3 – трегер;
- 4 – көтергіш бұрандалары;
- 5 – жалғастыратын кабель;
- 6 – зарядтау блогы; 7 – аспаптың сыртқы қабы; 8 – гирожалғағыш;
- 9 – шексіз жетекші бұранда

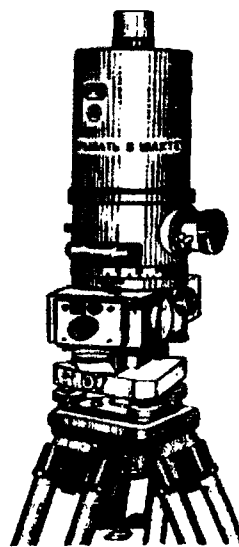
Қазіргі уақытта шахтаны гироскоптық әдіспен бағдарлау үшін гирокомпасының MBT4 жаңа моделін дайындады.

Маркшейдерлік-геодезиялық гирокомпастарды дайындауда Венгрия, Германия, АҚШ және басқа елдерде күрделі жұмыстар жүргізілуде. Шетел фирмалары дайындайтын гирокомпастар гиротеодолиттер деп аталады.

ВНИМИ-дың тәжірибе жүргізетін заводы жерасты түсірістерін бағдарлауға арналған бірнеше маркшейдерлік атпаға қауіпсіз, дәлдігі 40-

60// МВБЗ, МВБ4 (6.2-сурет) типті буссольдерді (гиробуссольдарды) дайындады. Аспаптың салмағы – 19 кг. Гиробуссольдардың гироскопиялық аспаптардан құрылымдық ерекшелігі бар. Оларда бұрыш өлшегіш теодолит тектес бөлігі жоқ. Ол үш көтергіш бұрандасы бар тұғыр үстінде орнатылған, онда өз осінде айнала алатын және арнайы өлшегіш гирозлектрлі блок (гироблок) бекітілген.

Гироблок ішіне торсионға ілінген сезімтал элемент салынған.



6.2-сурет. МВБ4 гиробуссольі

Маркшейдерлік практикада гиробуссольдер мен басқа да осыған ұқсас аспаптардың түрлері дирекциондық бұрышты өлшеуден полигондық және теодолиттік жүрістердегі горизонталь

6-ТАРАУ. Жерасты бағдарлау аспаптары

және вертикаль бұрыштарды анықтауға мүмкіндік береді.

Гиробуссольдың MBT2 гироскомпасынан конструкциялық ерекшелігі – бұрыш өлшейтін құрылғысының көп қабырғалы айналардан тұратындығы. Ол өз кезегінде аспаптың салмағы мен көлемін едәуір азайтады.

Гироскоптық бағыттау тәсілі шахта оқпанында ғана емес, жерасты қазбаларының кезкелген жеріне бағыт берілуін және дәлдігінің жоғары болуын қамтамасыз етеді. Гироскомпас пен гиробуссольдың техникалық сипаттамалары 6.1-кестеде келтірілген.

6.1-кесте

Гироскоптық аспаптардың техникалық сипаттамалары

Көрсеткіштері	MBT2	MBB4M
Қабырғаның гироскоптық азимутын анықтаудың қателігі, сек.	30	40
Қабырғаның гироскоптық азимутын анықтаудың уақыты, мин.	20	15
Массасы, кг	37	19
Комплектідегі аспаптар	3	2

Жергілікті жерде GPS арқылы астрономиялық азимуттарды анықтауға мүмкіндік болмаған жағдайда және жерасты қазбаларын бағдарлағанда қолдануға арналған Жапонияның жасап шығарған Sokkia GP3130R3 гиростанциясы (6.3-сурет) ең қолайлы аспап болып табылады.

Sokkia GP3130R3 гиростанциясы арқылы гироскопиялық бағдарлау жүргізу өте тез және ешқандай қиындықсыз атқарылады. Ол ұзын тоннельдерді жүргізген кезде, маркшейдерлік негіздемелерді қайтадан қалпына келтіруде, спелеологияда жерасты қуыстарын түсіруде, GPS технологияны қолдану қиын жағдайда, яғни таулы жерлерде геодезиялық негіздеме құруда, сонымен қатар

навигациялық аспаптарды тексеруде кеңінен қолданылады.

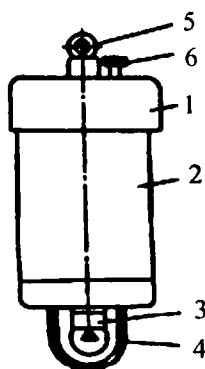
Гиростанциясы лазер сәулесі көрініп тұратын SET3130R3 электронды тахеометрден және бағдарлама кешенінен тұрады.



6.3-сурет. Sokkia GP3130R3 гиростанциясы

6.2. Жерасты қазбаларына бағыт беру аспаптары

Жерасты қазбаларына бағыт беру жарық сәуле шығарып тұратын ОС-1 және ОС-2 тіктеуіштер (6.4-сурет) арқылы жүзеге асырылады.

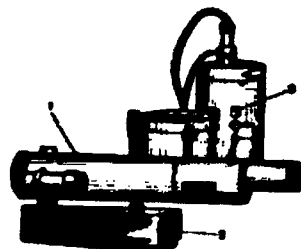


6.4-сурет. Жарық тіктеуіштің сырт көрінісі:

1 – цилиндрлік корпус; 2 – корпусың қақпағы; 3 – электрлік лампа; 4 – 1,5 Вт электрлік лампа; лампаның қызыл немесе жасыл түсті мөлдір шыны қабы;
5 – жіпке іліп қоятын ілмегі;
6 – жарықты қосатын винт

Жарық тіктеуіштерді берілген бағыт жармасына (створына) іледі және ол 60-70 м дейін жерге бағыт көрсетіп тұрады.

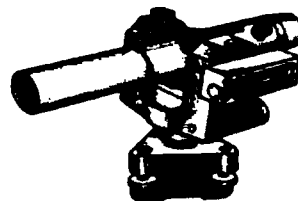
Кейінгі кезде жерасты қазбаларында, метро жол құрлысында бағыт беру ВНИМИ жасап шығарған лазерлік аспаптар арқылы жүргізіліп жүр (6.5-сурет).



6.5-сурет. ЛУН-7 лазерлік бағыт көрсеткіш:

1 – проектор; 2 – қаптамадағы трегер;
3 – зарядтау блогы

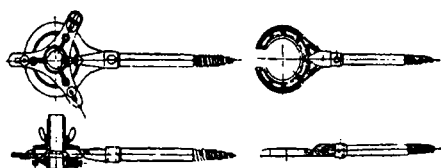
ЛУН-7 аспабы проекциялық, лазерлі жарық көзімен жабдықталған бағыт көрсеткіш, қызыл түсті жарық сәулесін шығарады, 127 В қуатты жүйеде қоректенеді. Аспап кен қазбасының қабырғасына 2 м биіктіктегі консольға орнатылады. Забойға бағытталған жарық сәулені 500 м жерге дейін жай көзбен көруге болады. Жарық маркасының диаметрі – 80 мм. Қазір осы ЛУН-7 бағыт бергіштің негізінде ЛУН-9 аспабы және де ЛВ-5 типті лазерлік визир өндіріске енгізілді. 6.6-суретте ЛВ-5 лазерлік визир бейнеленген.



6.6-сурет. ЛВ-5 лазерлік визирдің сырт көрінісі

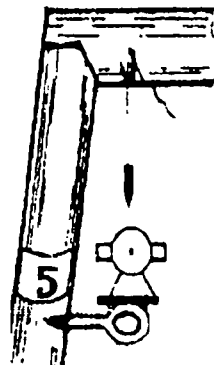
6-ТАРАУ. Жерасты бағдарлау аспаптары

ЛВ-5 лазерлік визир тек кен қазбаларына бағыт берумен ғана шектелмейді, оның қызмет көрсету ауқымы өте кең. Бұл аспап арқылы метродағы өткелдер мен щиттерге 10° -қа дейінгі көлбеулікте бағыт бере алады. Бағыт беру аралығы 200 м асады, ал сәуле шоғырының диаметрі арақшылыққа байланысты 200 мм дейін жетеді. Лазерлік көрсеткіш пен визирлерді орнататын консольдардың түрлері 6.7-суретте келтірілген.



6.7-сурет. Консольдар

Түсірімдер жасау үшін теодолитті немесе көздегішті консоль үстіне орнатады. Аспапты консоль үстіне орнатқанда аз орын алады, бұл маркашайдерлік аспаптарды қолайсыз жерлерде және тік құлама қазбаларда орнатуға мүмкіндік береді. Консольдың бекітпеге кіретін бұрандасы бар, басы табак іспеттес штативтің басы ретінде қолданылады. Консоль ұзындығы – 20–30 см (6.8-сурет).



6.8-сурет. Аспапты консоль үстіне орнату үлгісі

Бакылау сұрақтары

1. Жалғастыру түсірімдерінің аспаптары.
2. Бір окпан арқылы бағдарлауда қандай аспаптар қолданылады?
3. Гирокомпас деген не?
4. Гироскоптық бағдарлаудың аспаптары.
5. МВТ-2, МВТВ-4 гиروبуссольдары.
6. Жерасты құрлыстарына бағыт беру аспаптары.
7. Жарық тіктеуіш не үшін қажет?
8. Лазерлік бағыт көрсеткіштің атқаратын міндеті қандай?
9. Лазерлік визир не үшін қажет?
10. Лазерлік бағыт көрсеткіш қайда орнатылады?
11. Консольдар қандай жағдайда қолданылады?

7-ТАРАУ. ЖАРЫҚ СӘУЛЕЛІ ҚАШЫҚТЫҚ ӨЛШЕУІШТЕРІ

7.1. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштер теориясы

Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштің өлшеу принципі – жарық көзінен шағылатын затқа дейінгі, яғни тура және кері аралықтағы сәуленің өту уақытын өлшейді. Атмосфераның сыну көрсеткіші – оның оптикалық қасиеттеріне, сыртқы ортаның қысымына, температурасына және ылғалдылығына байланысты. Сондықтан қашықтық өлшеуішпен арақашықтық өлшеу кезінде өлшеу нәтижелеріне атмосфералық түзетулер енгізіледі.

Модульді жарық қашықтық өлшеуіштер негізінен – фазалық, импульстік және құрама (жинақталған) болып бөлінеді. Фазалық жарық қашықтық өлшеуіштерде (ЖҚӨ) жарықтың өту уақыты аралық өлшеу бойынша жанама болып анықталады. Яғни, фазалардың салыстыру әдісі арқылы шағылған сигналдардың

аралықтарымен анықталады. Ал импульстік ЖҚӨ-те жарықтың шағылуы ұзын болып жүргізіледі. Аралықты 2 рет өлшеу кезінде кететін уақыт (жарық көзінен шағылатын затқа дейінгі) тез арада жұмыс істейтін есептегіш құрал көмегімен анықталып немесе аралықты өлшеу туралы ақпарат сақтайтын құралмен есептеледі. Ал құрама ЖҚӨ-де – импульстік әдіс қолданылады. Интерференциялық жарықтық – қашықтық өлшеуіштерінің жұмыстық өлшемдерін тексеру және эталондау үшін қолданылады. Яғни, бұл өлшеу кезінде өлшеу нәтижесі жоғарғы дәлдікті береді. Осы жарық қашықтық өлшеуіштердің қателігі толқынның монохроматикалық сәулелену ұзындығының бірлігімен беріледі (микрометрдің жүздік бірлігі). Далалық жерде, яғни сыртқы орта әсері факторлары мен оның пішінінің үлкендігіне байланысты бұл аспаптарды қолдану қиынға түседі. Фазалық

7-ТАРАУ. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштері

жарық қашықтық өлшеуіштерде жарық ағыны, модульденген амплитуда қарқындығы бойынша фазалық сигнал арқылы салыстырылып, соның нәтижесінде бір аралықтың арақашықтығы өлшенеді. Импульстік жарық қашықтық өлшеуіштерде өлшенетін аралық бойынша өтетін жеке жарық импульстері тез арада дискреттік есептеуіш көмегімен анықталады. Бірақ геодезиялық жұмыстарға қажет жоғарғы дәлдікті бермейді. Соңғы кездері импульстік әдістер геодезиялық жарық қашықтық өлшеуінде қолданылып жүр. Бірақ бұл аспаптардағы генератормен берілген жарық сигналдары жиілікке айналып, бізге қажетті дәлдікті бере алады. Қазіргі жаңа жартылай өткізгіштік лазерлі сәуле қашықтық өлшеулер жоғарғы дәлдікті 1-5 мм-ден қамтамасыз етіп, 5-15 км-ге дейінгі арақашықтықты өлшейді. Өлшеу нәтижелерінің қателіктеріне байланысты оны ескеретін әр түрлі түзетулер, қажетті жағдайда сыртқы ортаға байланысты түзетулер енгізіледі.

7.2. Жарық қашықтық өлшеуіштердің жіктелуі

Соңғы кездері электромагниттік қашықтық өлшемдер геодезияда жиі қолданылуда. Соның ішінде екі аспапты атап өтуге болады:

1) жарық қашықтық өлшеуіш;

2) радио қашықтық өлшеуіш.

Кеңінен тарағаны – жарық қашықтық өлшеуіш. Қазіргі жаңа жарық қашықтық өлшеуіштер әр түрлі кластағы және дәлдіктегі геодезиялық жұмыстарды және құрылыстардың жарықшақтарын зерттеуге, сонымен қатар ғылыми зерттеу және ерекше инженерлік құрылыстарды жобалауға, жоспарлық құрылыстық өлшеуге арналған. Осы орайда жарық қашықтық өлшеуіш техникаларының дамуында жалпы әлемдік практикада қашықтығы мен дәлдігіне байланысты 3 негізгі бағыт пайда болды.

1. Г жарық қашықтық өлшеуіштер. Мемлекеттік геодезиялық тораптарды жүйелерді құруда қолданылады.

2. Қ жарық қашықтық өлшеуіштер қолданбалы геодезияда және маркашайдер ісінде қолданылады.

3. Т жарық қашықтық өлшеуіш геодезиялық толықтыру және түсіріс тораптары мен топографиялық түсірісте қолданылады.

Осы аспаптарды шығаратын негізгі мемлекеттерге Швейцария, АҚШ, Германия, Жапония, Ресей жатады.

П топтарына жоғары дәлдікті қашықтық өлшеуіш жатады.

СП2 жарық қашықтық өлшеуішінің аралық өлшеу ауқымы – 0,5-3000 м.

7.3. «Топаз» СП2 жарық қашықтық өлшеуіші

«Топаз» СП2 жарық қашықтық өлшеуіші (7.1-сурет) арақашықтықты өлшеуге арналған. Жарық қашықтық өлшеуіштің қолдану саласы: екінші разрядты өлшеу құралы ретінде топографиялық жарық қашықтық өлшеуіштер мен әкімшіліктік метрологиялық қызметтердегі тахеометрлерді тексеру; қолданбалы геодезияда арақашықтықтарды өлшеу; машина жасаудағы үлкен өлшемдерді өлшеу; арнайы құрылыстарды жүргізу мен ғимараттарды пайдалану кезінде қолданылады.

Жарық қашықтық өлшеуішті пайдалану жағдайы:

- қоршаған ортаның ауа температурасы, °С...– 25...+ 40;
- салыстырмалы ауа ылғалдылығы +20°С, 95%-ға дейін;

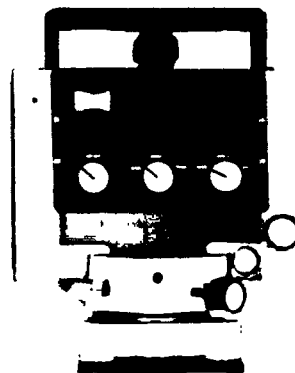
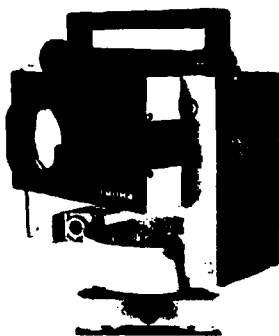
– атмосфералық қысым, кПа 84...107 (630...800).

Техникалық сипаттамалары

Арақашықтықты өлшеудегі орташа квадраттық қатесі мм, $\pm (2+2 \cdot 10^{-6} D^*)$ аспауы керек.

Жарық қашықтық өлшеуіштің құрылысы мен жинағының құрам бөліктері

Жарық қашықтық өлшеуіште уақытша интервалға келтірілген импульсті өлшеу әдісі қолданылады. Сәулелену ретінде жартылай өткізгішті лазерлі диод қолданылады. Сәулелену қабылдағыш бір уақытта қабылданатын жарық сигналдары аралық жиіліктегі электрлік сигналдарға айналып, оған уақытша интервалды өлшеудің жазылуын ФЭУ фотоэлектронды көбейткіш деп атайды.



7.1-сурет. «Топаз» СП-2 жарық қашықтық өлшеуіші

7-ТАРАУ. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштері

Кіші арақашықтықтарды өлшеу кезінде сигналды әлсіздендіру үшін жарық қашықтық өлшеуіштің объективіне, металл тор кигізіледі (аттенюатор). Жарық қашықтық өлшеуішпен арақашықтықты өлшеу екі мерзіммен жұмыс істейді: «дөрекі» және «дәл». «Дөрекі» режиміндегі ауқымда өлшенетін аралық 0-ден 99 999 мм-ге дейінгі аралықта болып, 74927,5 және 149855 кГц импульстік масштабты жиіліктегі арақашықтықты өлшеуді қамтамасыз етеді. «Дөрекі» режиміндегі сандық таблодағы кіші разрядтық бөлігі – 1 мм, ал бір ретті өлшеу уақыты – 10 сек. «Дәл» режимінде өлшеу 74927,5 кГц жиілігіндегі масштабта жүргізіледі. «Дәл» режиміндегі сандық таблоның кіші разрядтық бөлігі – 0,1 мм, бір ретті өлшеу уақыты – 6 с. Жарық қашықтық өлшеуіште жартылай өткізгішті лазердің сәулелену қуаты тұрақталған. Соңғы бақылау, мәнін қадағалайтын құрылғысы жарық қашықтық өлшеуіштің тұрақты түзетулерін реттейді. Есептеуді тоқтатын құрылғы жарық қашықтық өлшеуіш пен шағылдырушы арасындағы кедергілерден болатын таблоға шығатын қате нәтижелерді жібермейді. Жарық қашықтық өлшеуіштің барлық сұлбасы қосымша стабилизаторлардан ток көзімен қамтамасыз етіледі. Сигнал деңгейі «СИГНАЛ» резистормен реттеледі,

ал дәл бағыттау микроамперметр көрсеткіштері бойынша жүргізіледі. Ток көзін үнемдеу үшін табло индикаторларын уақытша сөндіруге «Есеп» болады. «Есеп» процесі таблоның оң жағындағы индикатордың жанып-сөнуімен білінеді. «Бақылау» режимі аккумулятор батареясының кернеуін бағалауға мүмкіндік береді. Жарық қашықтық өлшеуіш ақпарат жинаушы құрылғы қосатын тетікпен қамтылған.

Жарық қашықтық өлшеуіш темір қаптамаға (футляр) салынады. Қаптаманы ашу үшін оның жанында орналасқан екі тұтқаны көрсетілген нұсқау бойынша қозғау қажет.

7.4. Шағылдырғыш

Кронштейнге бекітілген призма. Горизонталь деңгейге келтіретін көтергіш бұрандалар. Аспапка бағыттайтын шағылдырғыштың көздеуі. Шағылдырғыш оптикалық центрир, деңгейлеуішпен әрі оны түзететін бұрандалармен қамтылған.

Пайдалану бойынша жалпы нұсқау

Жарық қашықтық өлшеуіш – оптикалық-электронды аспаптар қатарына жатады. Оны жауын-шашын мен күннің тікелей түсуінен қорғаған жөн. Оның оптикалық бөлігін ылғалдан

сақтау үшін жылы жерден суық жерге немесе керісінше болған жағдайда 30 минуттан кейін оны қаптамадан шығарған жөн. Оптиканы шаң-тозаңнан сақтап, қолмен ұстамаған дұрыс. Ал үзіліс кезінде аспапты қапшықпен жауып, объективтен бақылау есептеу блогын тек өлшеу кезінде ғана шешеді.

Жарық қашықтық өлшеуішті қатты дірілден, соққыдан сақтаған жөн. Діріл бар жағдайда аспапты амортизациясы бар жәшікке салу керек. Ол жәшік аспап жинағына кіреді және көлікпен тасымалдауға арналған.

Тасымалдау алдында аспапты қаптамаға дұрыс салу керек:

- аспап негізіндегі қызыл белгі қаптама табанындағы қызыл белгімен дәлме-дәл келуі керек;
- аспап басы горизонталь орналасып, бекіткіш бұрандалар бекітілуі қажет;
- аспап қаптама табанына қатты тартылып бекітілуі керек;
- жарық қашықтық өлшеуіштің жұмыс істеу барысында қоршаған ортаның температурасы – 25-тен + 30°C-қа дейін болуы керек.

Жұмыс істеу тәртібі. Жарық қашықтық өлшеуішпен шағылдырғышты құрғаннан кейін центрлеу қажет. Штативпен центрлеуді тіктеуіштің көмегімен орындайды.

Жарық қашықтық өлшеуіштің штативін қажетті биіктікке орнатып,

тірек нүктесіне тіктеуіш көмегімен орнатады. Кейбір жағдайда центрлеуді оптикалық центрир көмегімен жасайды.

Аспапты көлденең жағдайға келтіру үшін цилиндрлік деңгейлеуіштің осін түзу ретінде қарастырылатын көтеру бұрандаларына параллель қойып, бұрандаларды бір-біріне қарама-қарсы бұрап, көпіршікті ортаға әкелу қажет. Ток кернеуін және термостатты тексеріп, бақылау есептеуді жасау керек. Ауа температурасы мен атмосфералық қысымды психрометр және барометр көмегімен өлшеп, деректерін жазып алады.

Жіптік тордың сыртына өлшеу жүргізу

Көру дүрбісінің көмегімен аспапты шағылдырғышқа бағыттап, жетекші бұрандаларды бұрай отырып, шағылдырғышты жіптік тордың сыртына дәлдейді.

Шағылдырғышқа бағыттау

Көру дүрбісінің окулярын бұрай отырып фокустейді. Бір тәсілмен өлшеу керек. Іске қосу құралын «Дөрекі», ал екіншісін «Есеп» жағдайына қойып, табло бойынша үш санақ алады. Санақты микро-телефонның дыбыс сигналынан кейін алады.

7-ТАРАУ. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштері

Өлшеу нәтижелерін есептеу

«Дәл» режиміндегі алынған санақтардың орташа арифметикалық мәні мен бақылау есептеулердің орташа арифметикалық мәндері есептеледі. Есептеу кезінде нәтижелері мм ондық бөлшегіне дейін жуықтайды.

7.5. Шағылыспайтын қашықтық өлшеуіштер туралы жалпы мәліметтер

DISTO tm classic 4/lite электронды аспабын қолмен жасайтын лазерлік қашықтық өлшеуіштердің қазіргі заманғы аспаптарына жатқызуға болады. Конструкциясы қазіргі жаңа қызметтерді, сонымен қатар автоматты іске қосу немесе min/max арақашықтықта өлшеу сияқты жаңа қызметтер өлшеу жұмыстарын едәуір жеңілдетеді. Құрылыстар ұзындық пен арақашықтықты өлшеуге және оны қарапайым есептеуге жақсы бейімделген. Жұмыста құрал қарапайымдылығы соншалық, оған қысқа уақыт аралығында үйренуге болады.

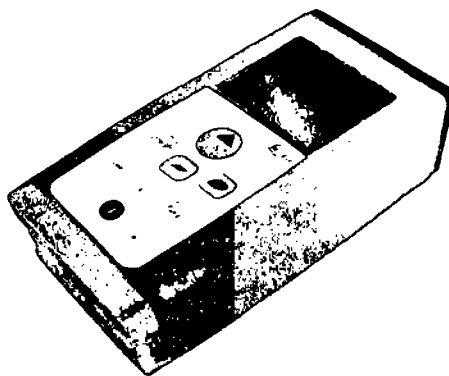
Мұндай басқарушылық, DISTO/classic 4 үшін де, DISTO/lite-ге де арналған 7.2-суретте DISTO/lite бейнесі көрсетілген.

Жалпы сипаттама барлық модельдерге жарамды.

DISTO мынадай мақсатта пайдаланылады:

- арақашықтықты өлшеу;
- аудан мен көлемді есептеу;
- өлшеу нәтижелерін сақтау, тіркеу;
- құралды нұсқаусыз пайдалану.

Жүйені жұмыстан қауіпсіз шығару және құралдан бағыттау, әрі ескерту жазбаларын алып тастау.



7.2-сурет. Шағылыспайтын қашықтық өлшеуіш

Сақтау

Егер құрылғы автокөлікте орналасса аспап температурасын, әсіресе жазда бірқалыпты ұстау керек (40°C-тан +70°C/-40°F +158°F-қа дейін). Аспапты толық кепкен кезде жинайды.

Тасымалдау

Қорап – DISTO механикалық бұзылудан жақсы сақтағанымен, шаңтозаң мен ылғалдан қорғай алмайды. Disto-ны қорапта алып жүреді. Ұшақта ұшар алдында DISTO-ны қолға алып отыруға рұқсат сұраңыз.

DISTO 5 (буыны) – қолмен қолданылатын лазерлі шағылыспайтын қашықтық өлшеуіш. Ол 1,5 мм дәлдікпен 200 м арақашықтықты өлшеуге арналған. Ең көп таралғаны лазерлі рулетка DISTO деп аталады. Олар дәстүрлі рулеткалардың жұмысын тез, қауіпсіз және қолайлы орындайды.

DISTO Pro/DISTO ProA

Бұл дәлдігі жоғары және қосымша мүмкіндіктері көп бейнесіз лазерлі қашықтық өлшеуіш (1,5 мм-ге дейін). Оның жады 800 өлшеудегі жұмыс нәтижесін сақтауға мүмкіндігі бар. Кеңейтілген әріптік – сандық пернелер тақтасы деректерді енгізіп, әрі қарай қолдануға мүмкіндік береді. DISTO Pro және DISTO ProA жеке компьютерге қосылып, нақты уақыт режимінде жұмыс істей алады:

- ең көп қосымша функциялар жинағымен қамтылған;
- 60 секундқа дейінгі үзіліспен өлшеу;
- үзіліссіз өлшеулер режимі;
- ғимарат пен фасадтық бөлшектердің биіктігі мен енін анықтайды;
- арақашықтықты вертикаль және горизонталь өлшеу;
- 10 рет өлшеуден орта мәнін шығару;
- тригонометриялық функциялар: үшбұрыштың ауданы және қарама-

қарсы жатқан ең ұзын қабырғасын, бұрышын, биіктігін анықтайды;

– ғимарат франтонының ауданы мен үйдің төбесінің ылдильғын, бұрышын, ұзындығын өлшеуге арналған трапеция функциясын өлшеу;

– диаметр бойынша дөңгелектің ауданын өлшеу функциясы;

– еденнің және төбенің ауданын, қабырғаның жалпы ауданын, периметрін, бөлменің көлемін өлшейтін функция.

Стандартты жинаққа: аспап, тасымалдамалы дорба, белдік, айналғыш табан, жылжитын бұрышты табан, өткізгіш табанша, интерфейс үшін CD-ROM, бағдарламалы Online – құжаты, AAA типті 4 батарея кіреді.

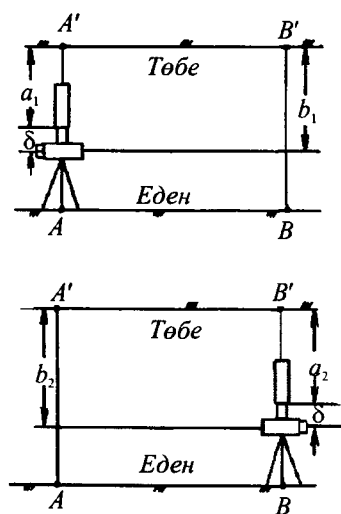
7.6. Өндірістегі геодезиялық жұмыстарда лазерлік қашықтық өлшеуішті қолдану әдістері

Қазіргі кездегі лазерлі қашықтық өлшеуіштер арнайы адаптерлердің көмегімен теодолиттің көру дүрбісіне бекітілген. Осындай құрамды аспаптардың ауқымы ғимараттар мен құрылыстарда қиын көрінетін нүктелерді тез әрі дәл анықтайды. Олар құрылыста кеңінен қолданылады (7.3-сурет).

Бірақ оның артықшылықтарына қарамастан, бұл аспаптардың бір кемшілігі – ол қиын көзделеді. Вертикальды арақашықтарды өлшеу

7-ТАРАУ. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштері

қажеттігі туындайды. Сәйкесінше, зенит арқылы көздеу, мысалы биіктікті ғимараттардың монтажды горизонттарына беру, тоннельдердің вертикалды габаритін өлшеу және т.б. жұмыстар жүзеге асырылады. Өр түрлі құрылғыларды қолдану жолымен қашықтық өлшеуішті теодолитке бекітіп, жеке жағдайда бұл проблеманы шешуге болады. Көру дүрбісі мен санақ алу микроскобына қосымша қондырғыны орнатып, кез келген көлбеу бұрышты дүрбімен көздеуге болады.



7.3-сурет

Біз қарастырып отырған шешімнің мәні қашықтық өлшеуіш қондырғы нивелирдің көру дүрбісіне бекітуге негізделген. Адаптердің құрылысы әр түрлі болуы мүмкін, бірақ міндетті түрде лазерлі сәуленің вертикалдылығы және нивелирдің айналу осімен сәйкес болуын қамтамасыз ету керек. Қазіргі таңда аспапты тек белгі беру үшін ғана емес, құрылыс осьтеріне де қолдануға болады. Ең жақсы жағдайда келтірілген талаптар, адаптерді зауытта жасау кезінде қамтамасыз етілуі мүмкін.

Лазерлі сәуленің вертикалдылығын тексеру және оның нивелирдің айналу осімен сәйкестігін білу үшін нивелирді зертханада не кез келген ғимаратта орнатып, нивелирдің негізгі айналу осін дөңгелек (НЗК) немесе цилиндрлі (НЗК, ЗН5Л, т.б.) деңгейлеуіштің көмегімен горизонталь жағдайға келтіріп, лазерді бақылау режиміне қосып, нивелирді вертикаль осінде айналдырады. Егер төбеге түсіп тұрған лазердің сәулесінің орны өзгермесе, онда шарт орындалады.

7-ТАРАУ. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштері

Бақылау сұрақтары

1. Қолмен қолданылатын шағылыспайтын қашықтық өлшеуіштің түрлері.
2. DISTO электронды аспабы.
3. Аспапты қолдану.
4. Шағылыспайтын қашықтық өлшеуіштерді өндірісте геодезиялық жұмыстарда қолдану.
5. СП аспабы.
6. Аспапты қолдану.
7. Қашықтық өлшеуіштерді өндірісте геодезиялық жұмыстарда қолдану.
8. Жарық қашықтық өлшеуіштердің классификациясы.
9. Өлшенетін арақашықтық диапазоны.
10. Жарық қашықтық өлшеуіштердің құрылысы мен құрама бөліктері.

8-ТАРАУ. ЭЛЕКТРОНДЫ ТАХЕОМЕТРЛЕР

8.1. Электронды тахеометрдің конструкциялық ерекшеліктері, құрылысы және жұмыс істеу тәртібі

Қазіргі заманғы геодезиялық аспаптарды жоғарғы технологиялардың өнімі деп айтса болады. Оның құрамына соңғы жетілдірілген электроника, дәл механика, оптика, т.б. ғылымдар кіреді. Қазіргі қолданылып отырған электронды тахеометриялық жүйелерді жасайтын жетекші елдерге SPECTRA (Швеция – Германия), LEICA (Швейцария), NIKON, SOKKIA TOPCON (Жапония), PENTAX, TRIMBLE/SPECTRA/ PRECISION (АҚШ), YOM3 (Ресей) жатады. Осы аталған жетекші фирмалар жүзден астам электронды тахеометрлердің модификацияларын және 2008 ж. LEICA (Швейцария) электронды тахеометр мен жер серігі қабылдағышының қосылған роботталған түрін жасап шығарды.

Егер 1960 жылға дейін геодезиялық аспаптар қарқынды дамыса, оның

негізіне XIX ғ. соңында жасалған физикалық принциптерді атап өтуге болады. Яғни, соңғы 30 жылда микроэлектрониканың дамуы XX ғ. ең ерекше белгісі болып, геодезиялық жұмыстарда жаңа бағыттардың басталуына жол ашты.

Қазіргі заманғы электронды тахеометрлер тек техникалық сипаттамалары және конструкциялық ерекшеліктерімен ғана ерекшеленіп қоймай, ол әр түрлі салада қолданылуымен ерекшеленеді. Сондықтан тахеометрлерді арнайы бір тапсырманы шешуге байланысты талдауға болады. Бұл кезде оның дәлдігі мен өлшеу қашықтығы айрықша рөл атқарады. Мысалы, көп кездесетін далалық жұмыстарда жай механикалық тахеометрлер қолданылады. Ал кейбір күрделі жағдайларда, мысалы мұнай құбырларының автомагистральдарын жүргізу кезінде жарық шағылыстыратын құрылғыны автоматты түрде іздеп табатын роботтандырылған тахеометрлер қолданған өте тиімді.

Бұл роботталған тахеометрлер осы күрделі жұмыстарды орындау жұмыстарын қамтамасыз ететін есептеу бағдарламалармен қамтылған. 1990 жылдардың басында электронды тахеометрлердің даму принципінің негізі қаланды. Қазіргі электронды тахеометр оптикалық аспаптар сияқты бұрыштарды және белгіге дейінгі арақашықты өлшейді. Өлшеу дәлдігін өлшеу бұрыштардың блоктары немесе модульдары және компенсатор модульдары анықтайды. Дәлдік туралы айтатын болсақ, онда бұрыштық өлшеулер талап бойынша 1"-пен шектеледі. Ал сызықтық қателер, өлшеу жүйелеріне байланысты емес. Өйткені, оған сыртқы орта әсер етеді. Егер дәлдік туралы айтатын болсақ, онда бұрыштық өлшеулер 1" дәлдігінде шектеледі, ал $1\text{mm} + 1\text{ppm}$ сызықтық болады. Бұл қателік ең бірінші өлшеу жүйелерінің техникалық және қоршаған орта әсеріне байланысты. Өндірушілер сипаттамасы бойынша ең жоғарғы дәлділік жай жұмыстарда қоршаған ортаның әсерінен орталандыру мен келтіру қателіктерінің әсерінен мүмкін болмайды. Жай тахеометрлердің бұрыштық өлшеу дәлдігі 5"-6", ал сызықтық өлшеу үшін $3\text{ мм} + 3\text{ ppm}$ болады. Тахеометрмен өлшеу қашықтығы 500-1000 м-ден аспауына қарамай, кейде одан да алыс қашықтықтықтарды өлшеуге тура келеді. Сондықтан бүгінгі күн-

де дәлдігі $2\text{ мм} + 2\text{ ppm}$ 3000-4000 м қашықтықты алатын қашықтық өлшеуіш ең нәтижелісі болып табылады. Бұл параметрлер болашақта барлық тахеометрлер үшін стандарт болуы керек.

Бақылаушы дегенді тек қана өрістік компьютер есептеуіш емес, тахеометрдің өзін басқаратын пульт, клавиатура (пернелер тақтасы) деп түсіну керек. Оның өнімділігі жадының көлеміне, экранның түріне, қолма-қол және есептеу бағдарламаларының санына, тахеометрдің функциялық мүмкіндіктеріне тәуелді болады. Көптеген тахеометр модельдерінің ішкі реттейтін бақылаушысы бар, ол пернелер тақтасымен басқарылады. Пернелер тақтасы сандық немесе әріптік сандық болуы мүмкін. Кейбір тахеометр моделінің екі жағында да пернелер тақтасы бар. Пернелер тақтасының саны (10-нан 30-ға дейін), тахеометрдің мүмкіндігіне байланысты болады. Сонымен қатар кейбір тахеометрлерде PC-ке толық сәйкес QWERTY пернелер тақтасы бар. Тұтас алғанда роботталған технологияларды қолдану, практика жүзінде механикалық тахеометрмен салыстырғанда жұмыс нәтижесін екі есе жоғарылатады. Яғни, ол еңбек шығымын азайтып, далалық өлшеудегі қателіктерді жояды. Сол сияқты камералық жұмыстарды оңтайлы жүргізіп, нәтижесінде жылдық геодезиялық

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

жұмыстардың көлемін екі есе артырады. Көптеген өндіруші фирмалар автоматтандырылған жүйелерді шығарады (Automated Tracking System). Олардың негізі – жоғары дәлдікті күшті қашықтық өлшеуіш блогы бар серво тізбекті және барлық функциялық жұмыстармен қамтамасыз етілген электронды тахеометрлер. Бұл серияның аспаптары жай роботталған тахеометр мен автоматты бақылау жүйесін бергіш сияқты қолданылады. Мысалы, Geodimeter ATS сериялы аспабы мынадай есептерді шешу үшін қолданылады: жер бетіндегі және инженерлі ғимараттардағы болатын деформацияларды автоматты бақылау; гидрографиялық жұмыстарды геодезиялық қамтамасыз ету; жылжымалы объектілердің координаталарын автоматты анықтау; құрылыс машиналары мен механизмдерін басқару. Geodimeter ATS сериялы аспабы ашық және жеңіл интегралданатын автоматты жүйелі болып табылады. Аспап әр түрлі компьютерлік есептеу бағдарламалардың басқаруымен жұмыс істейді. Автоматты көздеудің ұзактық режимі – 12 км. Geodimeter ATS-PM деформацияларды автоматты жүйелерде бақылауға арналған. Бақылау үрдісін басқару, деректерді тіркеу, оларды өңдеп талдау қазіргі уақытта арнайы бағдарламалар мен сыртқы компьютерлердің көмегімен жүзеге асырылады. Қазіргі кезде

барлық далалық түсіріс жұмыстарының маңызды бөлігі дәстүрлі оптикалық теодолит қашықтық өлшеуіш жинақтары және басқа да ескірген геодезиялық аспаптар арқылы орындалады. Ең прогресті ұйымдар соңғы 5 жылдың ішінде электронды тахеометрді табысты меңгерді. Орташа баған бойынша қазіргі кезде шамамен 23000 электронды тахеометр қолданылады. Қазіргі уақытқа сай тахеометрлерге сұраныс жылына 100-ді құрайды. Егер де геодезия саласындағы нарық жағдайы дамыса, картография және геоақпарат салаларында прогресті және нәтижелі технологиялар ескі технологияларды шеттетеді.

8.2. Электронды тахеометрдің түрлері

Электронды тахеометр – жер бетінде горизонталь бұрышты, горизонталь арақашықтықты және өзара биіктікті өлшеуге арналған топографиялық электрондық-оптикалық аспап. Электронды тахеометр құрылымында кодтық теодолит пен шағын жарық қашықтық өлшеуіш біріктірілген. Көздеу нысанасы ретінде шағын габаритті призмалық шағылдырғышы бар арнайы қада қолданылады. Өлшеу процесі автоматтандырылған. Арақашықтықты,

горизонталь және вертикаль бағыттарды өлшеу нәтижелері, электрондық цифрлы таблода көрініп, бір мезгілде ақпаратты жинағышта тіркелуі мүмкін. Перфорациялық тіркеудің мәні – далалық өлшеу аспабының мамандандырылған электрондық есептеу машинасымен қосылуында. Ол дала өлшеулерінің мәліметтері бойынша автоматты түрде жергілікті жердің түсіру жоспарын сызады. Электронды тахеометр арқылы өзара биіктікті анықтаудың, көлбеу қашықтықты горизонталь жазықтыққа келтірудің автоматты түрде атқарылуы, сондай-ақ жарықтың ауада таралуын жылдамдығы үшін түзетудің автоматты түрде есепке алынуы мүмкін. Тахеометр жинағына шағылдырғыштар, штативтер, батарея, зарядтау құрылғысы, аспапты жөндеу және күту жабдықтары кіреді. Оның түнде жұмыс істеуге арналған жабдығы бар. Ол цифрлық таблоға берілетін жедел ақпаратпен және жадтағы жинағышқа шығарылуына мүмкіндік бар.

Қазіргі таңда электронды тахеометрлердің қолдану саласына, дәлдігіне және орындалатын функциясына байланысты үш топқа бөлуге болады:

- жай электронды тахеометр;
- орташа класты электронды тахеометрлер;
- сервожетекпен жабдықталған (роботталған) тахеометрлер.

Жай электронды тахеометр – бұл аспап, дәстүрлі геодезиялық өлшеулерді (арақашықтық, өзара биіктік) орындауға арналған аспаптар. Деректерді ішкі немесе қосымша жадқа жазады. Мұндай аспаптардың бұрыштық қателігі – 5"-6", ал арақашықтықтікі 3-5 мм құрайды. Бір призма бойынша арақашықтықты өлшеу 1100-1500 м құрайды.

Екінші типті электронды тахеометрлерге *орташа класты* аспаптар жатады (Leica, Nikon, Trimble). Бұл тахеометрлер жай тахеометрлерге қарағанда қымбат, бірақ кеңінен тараған. Олар барлық геодезиялық жұмыстарды (геодезиялық тораптарды дамыту, өлшеулер және қағаздан жерге түсіру, координаталау тапсырмаларын шешу: тура және кері геодезиялық есептерді ауданды есептеуді, қиылыстыруды шешу) орындауға қатысты есептеу бағдарламасымен қамтылған. Бұл аспаптардың бұрыштық қателігі кластық, дәлдікке байланысты 1"-тан 5"-қа дейінгі аралықты құрайды.

Тахеометрлердің үшінші типіне *сервожетекпен* (сервопривод) қамтылған роботталған тахеометрлерді жатқызуға болады. Бұл аспаптар арнайы шағылдырғыштарға өздігімен бағытталып, өлшеулер жүргізе алады. Сонымен қатар бұл аспап қашықтықтан басқарылатын (өлшенетін нүктеден тұрып) арнайы

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

жүйемен қамтылған. Яғни, бір адам ғана жұмыс істейді. Мұндай өлшеу жұмыстары жұмыс өнімділігін 80%-ға дейін арттырады.

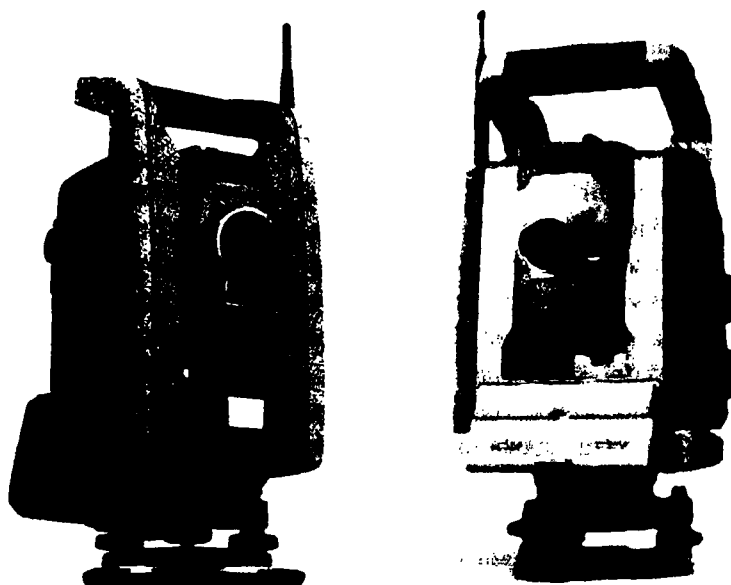
8.2.1. Trimble фирмасының тахеометрі

Американдық Trimble фирмасы өзінің қазіргі заманға сай геодезиялық аспаптарын жылдан-жылға жаңартуда. Солардың ішінде Trimble 3600 DR TCU, 5600 DR TCU және Trimble S6, Trimble M3 аспаптарының жаңа технологияларын айтуға болады.

Trimble S6 аспаптарының жаңа технологиялары

Жаңа геодезиялық өлшеу технологиялары *Trimble SPS610* және *SPS710* электронды тахеометрлерінің серияларында іске асырылып, бұл аспаптардың өнімділігін арттырды (8.1-сурет). Бұл сериядағы аспаптар үш модификацияда *Servo*, *Autolock* және *Robotic* шығарылған. Электронды тахеометрлердің жұмыс істеу технологиясы үш бағытта бөлінген:

- MagDrive сервотехнологиясы;
- MultiTrack технологиясы;
- SurePoint технологиясы.



8.1-сурет. *Trimble S6 тахеометрінің жаңа технологиясы*

MagDrive сервомехнологиясы

Динамикалық әрі тез қысқа аралықтағы геодезиялық өлшеулерді орындау кезінде аспаптың *MagDrive* сервоқозғалтқышы үйкеліссіз электромагниттік технология пайдаланады. Сервоқозғалтқыш пен тәуелсіз бұрыш өлшегіш өлшеу жылдамдығын және дәлдігін жоғарылатады. Қосымша аспап пен тахеометр арасындағы байланыс USB каналы арқылы орындалып, оператордан аспапқа берілетін команда жоғарғы жылдамдықпен қамтамасыз етіледі. Яғни, аспап тез айналады, іздейді және өлшейді.

Ғығттайды. Жай призмаларға 5000 м арақашықтықта өлшейді. Бірақ жай призмаларды қолдану кезінде тахеометрмен шағылдырғыш арасындағы байланыс үзіліп қалуы мүмкін Сондықтан іздеу функциясы бар Target ID шағылдырғышы қажетті нысананы ешқандай қиындықсыз таба алады (8.2-сурет). Бұл шағылдырғыш тахеометрге өзінің орналасқан жерінен сигнал жіберіп, аспаптың тез табуына мүмкіндік береді.

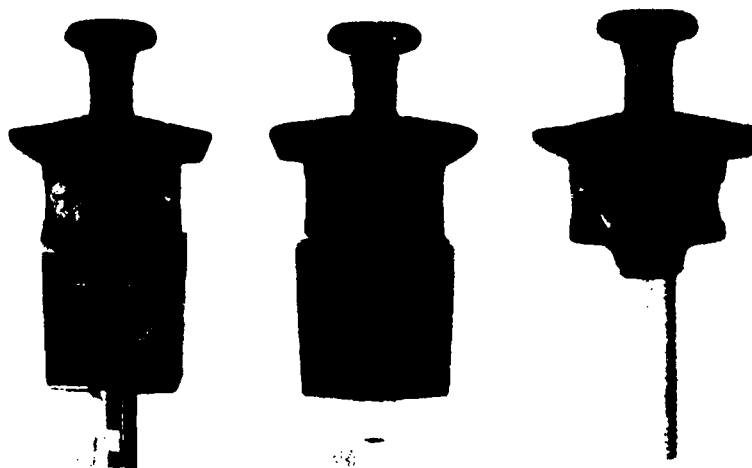
Target ID – бұл қадаға орнатылған құрал, Tracker функциясы қажетті призманы тез тауып, ID кодын сәуле арқылы жібереді.

MultiTrack технологиясы

Trimble SPS серияларының тахеометрлері автоматты режимде дәл ба-

SurePoint технологиясы

SPS x 10 сериясының тахеометрлері *SurePoint* технологиясымен,



8.2-сурет. *MultiTrack* құралдары (Target ID)

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

яғни призмаға бағыттауда автоматты түрде түзету жүйесімен қамтылғын. Бұл технология аспап немесе штативтің теңселуінен болған кателерді түзетеді. Дәлірек айтқанда,

аспаптың жұмыс істеу кезіндегі жағдайын бақылайды.

Trimble SPS610 және *SPS710* электронды тахеометрлерінің техникалық сипаттамасы 8.1-кестеде көрсетілген.

8.1-кесте

Техникалық сипаттамасы	Параметрлері	
	SPS610	SPS710
Бұрыштық өлшеу дәлдігі	5"	3/2"
Үлкейту	30х есе	
Минималды фокустық арақашықтық	1,5 м	
Жіптік торға жарық түсіру	ауыспалы (10 деңгей)	
Компенсатор	Екі осьті	
Компенсатордың жұмыс істеу диапазоны	6'	
Призма бойынша арақашықтық өлшеу қашықтығы	5000 м	
Шағылдырғышсыз өлшеу режимі, шағылысу коэффициенті 90%	> 300 м	> 800 м
Стандартты бір призма бойынша	± (2 мм + 2 ppm)	± (3 мм + 2 ppm)
Стандартты шағылдырғышсыз режимінде	± (3 мм + 2 ppm)	± (3 мм + 2 ppm)
Іздеу режимі	± (10 мм + 2 ppm)	± (10 мм + 2 ppm)
Сервомеханизмі	MagDrive сервотехнологиясы бойынша, қосылған серво/ тікелей жетекті электрмагниттік бұрыш өлшегіш	
180°-қа бұрылу уақыты	3.2 с	
Robotic режимінде өлшеу қашықтығы	300 м	
Далалық есептеу бағдарламасымен қамтамасыз ету	LM80	SCS900, LM80

Trimble 3300 сериясының тахеометрі

Trimble 3300 сериясының тахеометрі механикалық деңгейлеуішпен қамтылған. Бұл тахеометр қолдануға жеңіл, әрі көлікпен тасымалдауға

қолайлы, сапалы оптика және бекіту және жетекші бұрандалары бір осьте орналасқан, яғни дәл көздеуге бейімделген.

Техникалық сипаттамасы

	Trimble 3305	Trim
Бұрыштық дәлдігі	1,5 mgon 5"	1,0 mgon 3"
Қашықтық өлшеу дәлдігі	5мм + 3ppm	3мм+3ppm
Жады	Ішкі 1900 кб	Ішкі 1900 к

**Trimble 3303 DR/3305 DR
тахеометрі**

Trimble 3303 DR (8.3-сурет) лазерлі көрсеткішпен қамтамасыз етілген. Ол көру түтікшесінде құрылып, жіптің ортасында жобаланған. Бұл ерекшелік – түсіріс кезінде нашар жарық берілетін және ғимараттын ішіндегі жұмыстарды орындауға ыңғайлы.

Тахеометрдің техникалық сипаттамасы;

- бұрыштарды өлшеу дәлдігі: 3";
- арақашықтықты өлшеу дәлдігі: 3 мм + 2 мм/км (сәулесіз);
- призма бойынша 2 мм + 2 мм/км бір призма бойынша 3000 м);
- 1900 нүктеге дейінгі жад;
- біржақты дисплей;
- орысшаланған.

Trimble 3303 DR-дің негізгі ерекшеліктері:

- жетілдірілген бағдарламалық қамтамасыз етілуі: топография үшін табиғатқа шығару, геометриялық координаталар есептерін шешуге арналған қосымша;
- қашықтық өлшеуіш стандартты режимде призмаға өлшегенде,

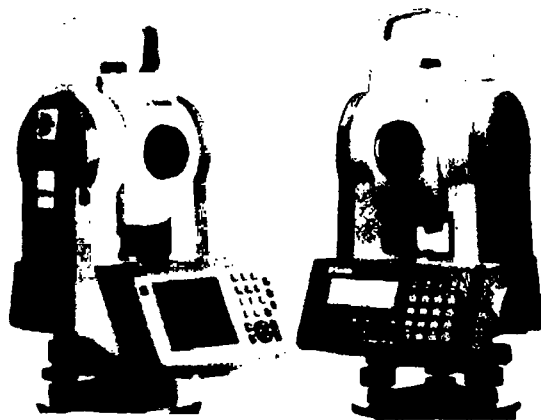
сол сияқты бейнесіз режимістейді;

– сәулесіз бейне режимі көрінетін лазерлі көрсеткішпен. Лазерлі көрсеткіш дүрбісіне қарау қажетті әдіспен өлшеу – қараңғыда өлшегенде ыңғайлы;

– сәулесіз режим (DR



8.3-сурет. Trimble 3303



8.4-сурет. Trimble фирмасының 3600 сериясының Trimble CU арнайы Arctic моделі және «High-End Total Station» тахеометрлері

- қос EDM – IR және DR;
- фазалық салыстыру әдісін қолданады;
- 3 mm + 2 ppm;
- арақашықтықты өлшеу қашықтығы 2500 м.

Шағылдырғыш құралынсыз өлшеуге болатын мүмкіндіктер:

- ғимараттарды өлшеу;
- Құрылыстың іші және сырты;
- Көпір;
- Туннель;
- Жол;
- Теміржолдар;
- Қол жетпейтін нысаналар;
- Шахта және карьер;
- Бір адамның басқаруына мүмкіндік.

Сонымен қатар, суық климатқа арналған электронды тахеометрлер жасап шығарылуда, оларға Trimble 3603 (3") ArcticTS, DR EDM, 3-P tribr,

w/ Track1, OpPl, Trimble CU Kit, SC SW; Trimble 3605 (5") ArcticTS, DR EDM, 3-P tribr, w/ Track1, OpPl, Trimble CU Kit, SC SW жатады.

Жылдам әрі шексіз айналатын бұрандалар:

- Дәл бағыттауытын жылдам бұрандалар;
- Горизонталь және вертикаль бағытқа арналған бір осьтегі бұрандалар;
- Лазерлік немесе оптикалық тіктеуіш.

Trimble 5600 Servo сериясының базалық моделі

Бұрыштық қателігі 3"-5" құрайды, басқа да контроллерлермен TCU, GDM, TSC2 жинақталып жұмыс істеуге бейімделген. Экраны түрлі түсті

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

Тыс жердегі объектілерді өлшеу: мысалы, көпірлер мен туннельдердің сұлбасы, археологиялық қазбалар, жол беттері. Аса көп көлік санына карамай объектілердің координаталары жабық аумақта немесе адам баруға қауіпті жерде қолданылады.

– қолданушы объектілердің дәл өлшеуге мүмкіндігі, мұнда призманы қою мүмкін емес, мысалы фонарь бағаналары мен ғимараттардың бұрыштары. Trimble 3303 DR электронды тахеометрдің қолданылуы қарапайым: бұл кішкене пернелер тактасының комбинациясы, графикалық экран және ыңғайлы интерфейс қолданушыға аспапта жұмыс істеуді меңгеруді жеңілдетеді;

– берілген функция жинағын нәтижелі өлшеуге рұқсат етіліп, оның нөмірі мен кодын өлшеген нүктеге сақтау арқылы автоматты түрде сақталады. Аспап 1900 нүктеге дейін сақтай алады; аспаптың салмағы және энергия қолдануы өте аз. Аккумулятордың бір зарядкасы 1000 өлшемнен асса, 8 сағат үзіліссіз жұмыс істеуге жетеді.

Trimble 3303 DR Extreme тахеометрдің ерекшеліктері:

- бұрыштарды өлшеу дәлдігі: 3";
- арақашықтықты өлшеу дәлдігі: мм + 3 мм/км (бір призма бойынша 1500 м);
- оның жадына 1900 нүкте сыяды;
- орысшаланған;

– 35°C-қа дейінгі төменгі температурада орындау.

Trimble 3303 DR тахеометрі сәулесіз қашықтық өлшеуішпен шығарылады. Көбінесе сәулесіз қашықтық өлшеуіштер жұмысты жеңілдетіп, жай қашықтық өлшеуіштің көмегімен, қиын түсірілетін объектілерден есеп алуға көмек береді. Мысалы, ауадағы электр бергіш сымдарды, туннельдерді, көпірлердегі ғимарат фасаттарын, карьерлер мен жолдарды түсіруде ерекше маңызы бар. Электронды тахеометр Trimble 303 DR лазерлі көрсеткішпен қамтамасыз етілген. Ол көру дүрбісі ортасының жіптер жүйесінде жобаланған. Бұл ерекшелік түсірісті қараңғы жерде және бөлменің ішінде түсіруге қолайлы.

Ал Trimble 3300 DR тахеометрі Ресей үшін арнайы Exstrime модификациясында шығарылады. Ол аспап төменгі температурада пайдалануға мүмкіндік береді (-35°C-тан +50°C-қа дейін).

Trimble фирмасының жаңа механикалық 3600 сериясының «High-End Total Station» Trimble 3603/3605 тахеометрлері. (8.4-сурет)

Бұрыштық дәлдігі:

3" және 5";

– қабылдағыш контроллермен жабдықталған;

– trimble CU және Geodimeter.

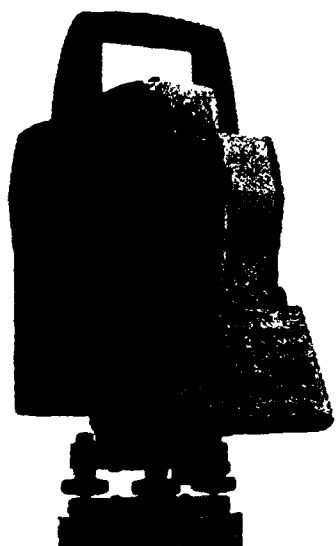
– қашықтықты өлшеу жүйесі:

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

графикамен жабдықталған (8.5-сурет).

Ерекшеліктері:

- шексіз дәл бағыттау;
- 4 бұранданың орнына 2;
- аспаптың 4 айналу жылдамдығы;
- бөлу кезіндегі автоматты позиционирлеу;
- эргономикалық қолайлылығы;
- жұмыс істеу өнімділігі 30% жоғарылатылған.



8.5-сурет. Trimble 5600 Servo сериясының базалық моделі

8.2.2. Nikon ДТМ 333/352 – NPL 602/652 серияларының тахеометрлері

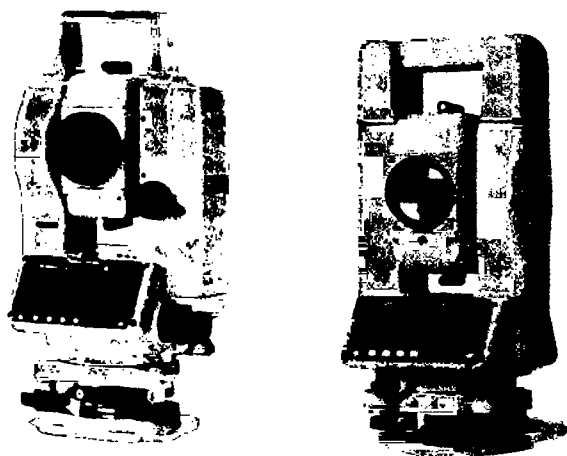
Nikon электронды тахеометрі – жапондық аспап шығарушылардың

қазіргі заманғы аспаптарының бірі. Nikon электронды тахеометр геодезиялық және инженерлік жұмыстардың кең спектрлі өндірісі үшін құрастырылған. Бұл тахеометр геодезиялық аспаптардың қазіргі заманғы талаптарын қанағаттандырады: салмағы жеңіл, есте сақтау қабілеті жоғары, сенімді, ыңғайлы және жұмыс өнімділігі жоғары.

Nikon тахеометрінің ерекшеліктері:

- қондырғыларды жылдам ауыстыру;
- графикалық дисплеймен жабдықталған екіжақты сандық және әріптік батырмалар;
- батареяның 30 сағат бойы жұмыс істеуі;
- аспап толық орыс тіліне аударылған;
- есте сақтау қабілеті 10000 нүкте;
- төмен температуралы модификация (-30°C-қа дейін);
- шаңнан, ылғалдан толық қорғалған (стандарт IP x 6).

Nikon ДТМ-332 электронды тахеометрі екі жағынан да толық функциялы әріптік, сандық батырмалармен қамтамасыз етілген. Ол аспаптың негізгі функцияларына тез кіруге және кодтар мен нүктелердің аттарын жылдам енгізуге мүмкіндік береді. 10 функциялы батырмалары станцияны бекіту бұрыштарын анықтау, нүктелерді табу, белгісіз биіктік пен ара-



8.6-сурет. Nikon DTM-332 және NPL 652 тахеометрлері

қашықтықтарды анықтау сияқты аспаптың негізгі функцияларына кіруге мүмкіндік береді.

Nikon DTM-332 тахеометр сипаттамасы:

- бұрыштарды өлшеу дәлдігі – 5";
- арақашықтық дәлдігі – 3 мм + 2 мм/км (бір призма бойынша 5000 м);
- жадыға 10000 нүкте сыяды;
- 200 метрге дейін шағылдырғышсыз өлшей алады;
- толық сандық әріпті пернелер тактасы;
- Quick codes тез енгізу жүйесін енгізу;
- кеңінен таралған есептеу бағдарламасымен қамтамасыз ету;
- IPx6 ылғалдан қорғалған;
- батарея 27 сағат бойы жұмыс істейді (жаз айында) (бұрыштар мен қашықтықты өлшеу) (8.6-сурет).

Үлкен графикалық дисплей, аспапты жеңіл басқаруға мүмкіндік береді. Графикалық экран болғандықтан әр түрлі мәтіндер мен графикалық бейнелерді шығара аласыз.

DTM-652 Nikon тахеометрі – өзінің класында өте жылдам өлшейтін аспап, бұрыштық дәлдігі 1" және арақашықтықты өлшеудегі дәлдігі 2 ± 2 ppm. Өлшеу жылдамдығы жоғарылағанына байланысты даладағы жұмыс уақыты едәуір қысқарады.

Шағылдырғыш призмасыз өлшейтін NPL-632 моделі қада қоя алмайтын нүктелерді өлшеуге мүмкіндік береді. Бұрыштық қатесі 2", ал призмасыз арақашықтықты өлшеудегі дәлдігі 3 ± 2 ppm.

602 сериясындағы Nikon тахеометрі деректерді сақтауға (CF жады) және тасымалдауға (USB жады)

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

арналған CompactFlash (CF) және USB портымен жабдықталған. Далалық жұмыстардың өлшенген деректерін аспаптан көшіріп алу үшін кеңсеге келгенде жады не жад модулін аспаптан компьютерге салып, ақпаратты алуға болады.

DTM/NPL 602 сериясының тахеометріне әлемге белгілі Nikon оптикасы орнатылған. Nikon оптикасы жарықты көп жіберіп, дисплейдің анықтығын қамтамасыз етеді. Nikon аспаптарында сызықты фокустауға арналған ерекше механизм қолданылады.

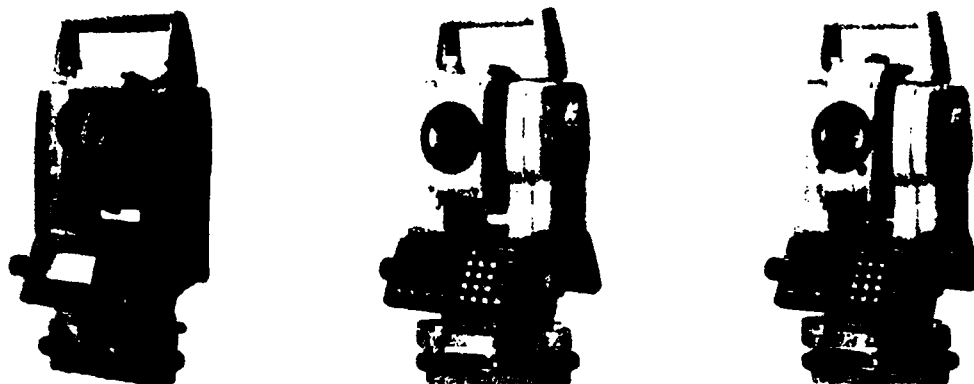
Lumi-Guide бағыт көрсеткіш. DTM/NPL 602 серияларының барлық моделі Lumi-Guide бағыт көрсеткішімен жабдықталған. Бұл – көру дүрбісінің үстінде орналасқан қызыл сәуле. Lumi-Guide екі когерентті қызыл сәулесін шашып, ал біреуі тұрақты сөніп-жанып тұрады. Жарық

сәулені аспаптан 100 м аралықта байқауға болады.

8.2.3. TOPCON фирмасының тахеометрлері

Жапонның TOPCON корпорациясы – бүкіл әлемге танымал *оптикалық-электронды* аспаптарды жасаушы фирма. Көптеген жылдар бойы TOPCON корпорациясы аспаптар саласына айрықша жаңалықтар енгізді, қазіргі таңда барлық әлемде жоғарғы сапалы геодезиялық аспаптардың стандартына ие болды.

Қазіргі заманда шығарылып отырған электронды тахеометрлер дәл оптика, механика, электронды есептеу техникасы, бағдарламалар және жаңаланған конструкцияларымен жинақталған. Дәстүрлі оптикалы-механика-



8.7-сурет. TOPCON GTS-100N, GTS-230N, GTS-3100N
серия тахеометрлері

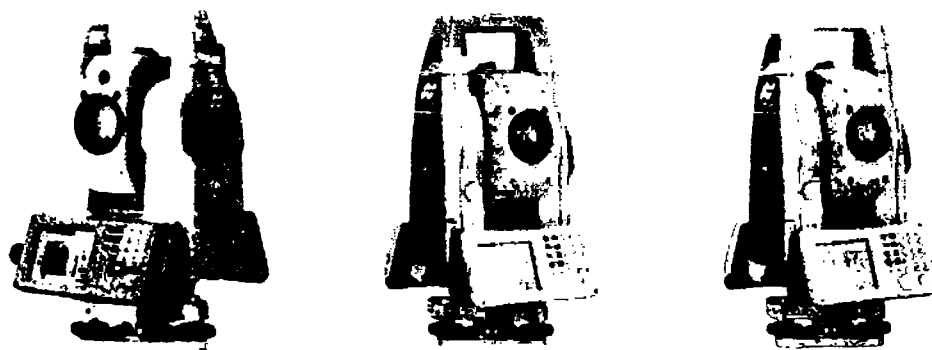
лық аспаптарға сай, бұл тахеометрлер үш бағытта жіктеледі.

1. Жалпы мақсаттағы тахеометрлер (GTS-100N, GTS-230N, GTS-3100N сериялары) – олардың бұрыштық қателігі 2"-тан 9"-қа дейінгі дәлдікке тең.

2. Инженерлік тахеометрлердің бұрыштық қателігі 1"-тан 5"-қа дейінгі дәлдікті береді (GPT-3002LN, GPT-3003LN, GPT-3005LN, GPT-3007LN). GTS720 – GTS7000 тахеометрлері Windows және GTS-820, GPT-8000 тахеометрлерімен қоса, MSDOS операциялық жүйелерімен қамтылған. Олардың жадында шексіз өлшеу деректерін сақтауға болады. Модельдеріне байланысты арақашықтықты 2 мм-ден 5 мм дейінгі аралықтағы қателікпен бір призма арқылы 3000 м-ге дейін өлшейді.

3. Жоғарғы класты тахеометрлерге GPT-3000, GPT-7000 сериялары жатады. Олар 250 м-ге дейін аралықты призмасыз, ал 7000 м-ге дейінгі аралықты бір призмамен өлшейді. Аспаптардың ішкі бағдарламалары орыс тілінде жазылған. Ол жоғарғы деңгейде сыртқы әсерлерден (IEC529 халықаралық стандартына сай) сақталған. Екі осьті компенсатормен қамтылып, 1" бұрыштық қателікті және бір призмадан есеп алу жылдамдығы 1,2-ден 0,3 секунд аралығын береді. Өлшеу нәтижелері PYTHAGORAS және CREDO бағдарламаларында өңделеді.

Алғаш рет 2005 жылы *TOPCON* фирмасы, GPT-3000LN сериясындағы GPT-3005LN тахеометрін өте алыс қашықтықты (1200 м) призмасыз өлшеуге болатын режиммен қамтиды.



8.8-сурет. Роботталған TOPCON тахеометрлер сериясынан

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

Алыс қашықтықты призмасыз өлшеу, объектің түсіне, пішініне және мөлшеріне байланысты болады. Призмасыз арақашықтықты 250 м-ден жоғары өлшегендегі қателік 10 мм + 10 ррт, ал 1200 м қашықтықта ОКҚ 2,2 см-ден аспауы тиіс.

TOPCON GTS-800A/GTS-800A тахеометрі

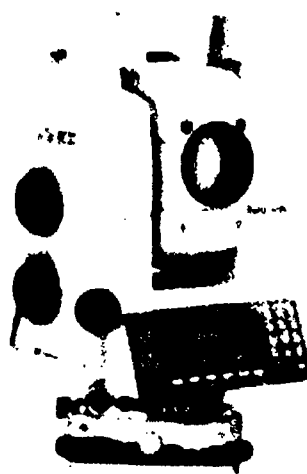
Жоғары жылдамдықтағы «жетекті» механизм тахеометрді 50°/с максимал жылдамдықпен айналдыруға мүмкіндік береді. Бұл горизонталь және вертикаль жазықтықта көру дүрбісін тез және ыңғайлы бұруды қамтамасыз етеді (8.9-сурет).

GTS-800A сериялы TOPCON тахеометрі 5°/с-қа дейінгі максимал жылдамдықпен нысананы автоматты режимде бақылай алады.

Нысанаға дәрекі/нақты бағыттаудың жаңа механизмі. Горизонталь және вертикаль дөңгелектің бекіткіш және микрометрлік бұрандалар жүйесінің орнына дәрекі/нақты бағыттаудың жаңа механизмі қолданылады. Ол арқылы тахеометрді жылдам айналдыруға және нысанаға дәл бағыттауға болады.

Есте сақтау көлемділігі. GTS-800/800A сериялы TOPCON стандартты тахеометрінің есте сақтау қабілеті 2 Мб (30000 нүктеден көп). PCMCIA карточкаларын (ATA, flash)

қолданған кезде өлшеулердің нәтижелерін сақтау мүмкіндігі шексіз. Сонымен қатар тахеометрдің сақтау қабілетінің жоғарылығы үлкен көлемді қолданбалы есептеу бағдарламаларымен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.



8.9-сурет. *Topcon GTS-800A
тахеометрі*

Жалғыз адамның түсірісті орындауы. GTS – 800A сериялы TOPCON тахеометрімен нәтижелі жұмыс істеу үшін оптикалық контроллер, автоматты бағыттаудың жаңа функциясы және *Standart Survey* бағдарламасы керек. Осының барлығы жалғыз адам әр түрлі түсірістерді орындай алатын геодезиялық кешенді құрайды.

Topcon тахеометрінің ерекшеліктері:

- үлкен графикалық экран;

- нақты және түсінікті пиктографиялық мәзір мен қолданушыға көмек беру жүйесі 2 жақты дисплейдің экранға шығуы (40 символдан тұратын 10 қатар), ол GTS-800/800A сериялы TOPCON тахеометрмен жұмысты жеңілдетеді;

- MS-DOS операциялық жүйесі енгізілген;

- жинақтылығы және өлшемі шамалы.

8.2.4. Ресейдің ЗТА5Р/ЗТА5РМ тахеометрі

ЗТА5Р (ЗТА5РМ-2 дисплейлі) электронды тахеометр ірі масштабы

топографиялық түсірістерді, пландық – биіктік негіздердің жүйесін құруға арналған. Ал салынған және салынып жатқан аумақтағы түсірісті орындау қолданбалы есептеу бағдарламалары әр түрлі геодезиялық және инженерлік есептерді далалық жағдайларда автоматты түрде орындауға арналған.

Тахеометрмен бұрыштарды, полярлық координаталарды өлшеуге, горизонталь арақашықтық пен өзара биіктік, анықталған тік бұрышты координаттар түрінде нәтижелерді алуға болады.

Өлшеу нәтижелері жад картасына жазылуы мүмкін.

Техникалық сипаттамасы:

- өлшеудің ОКҚ-сі көп болмау керек;
- горизонталь бұрыштан..... 5'' (1,5 мгон);
- вертикаль бұрыштан..... 7''(2,2 мгон);
- горизонталь бұрыштан..... 0-ден 360°-қа дейін
- (0-ден 400 гон-ға дейін);
- вертикаль бұрыштан..... +45-тен – 45°-қа дейін (+50-ден – 50 гон-ға дейін);
- зениттік арақашықтықтан.....45-тен 135°-қа дейін (+50-ден 150 гон-ға дейін);
- жоғарғы шек 1 призмамен..... 1000*;
- жоғарғы шек 6 призмамен..... 2000*;
- тахеометр тұтынатын орташа қуат, Вт:
- көру дүрбісі
- үлкейту 30х есе.
- бұрыштық аймақ..... 1°30'.
- визирлеу диапазоны, м..... 1,5-нан ∞-ке дейін.
- көрініс тура.
- Оптикалық центрир
- үлкейту..... 2,9х есе.
- бұрыштық аймақ..... 3°.

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

- көздеу диапазоны, м..... 0,6-дан ∞ -ке дейін.
- деңгейлеуіш бөлу бағасы
- цилиндрлік 30".
- дөңгелек 10'.

Көтеру бұрандасы орташа жағдайы кезіндегі тіктеуіш жазықтығынан тахеометрдің горизонталь осіне дейінгі арақашықтық – 23 мм. Шағылдырғыш пен қаданың биіктігі 1300 мм-ден 2250-ге дейін. Арақашықтықты өлшеу кезіндегі дисплейдің кіші разрядының бағасы – 1 мм. Жады картасының көлемі – 1 МБ, (11000 пикет).

8.3. 3T5PM электронды тахеометрінің құрылысы және онымен жұмыс істеу тәртібі

8.3.1. Тахеометрдің құрылысы және қауіпсіздік шаралары туралы мәлімет

3T5PM электронды тахеометрі – оптикалық-электронды аспап, өз ішінде электронды теодолитті, жарық қашықтықты есептеу құрылғысы мен акпаратты тіркеуішін құрайды (8.10-сурет). Есептеп шығарудың бақылау блогы қашықтық өлшеуішке жедел бақылау жүргізуге арналып көру, дүрбісінің объективінде

қақпақ секілді құрастырылған. Қақпақтың ішіне призма орнатылған.

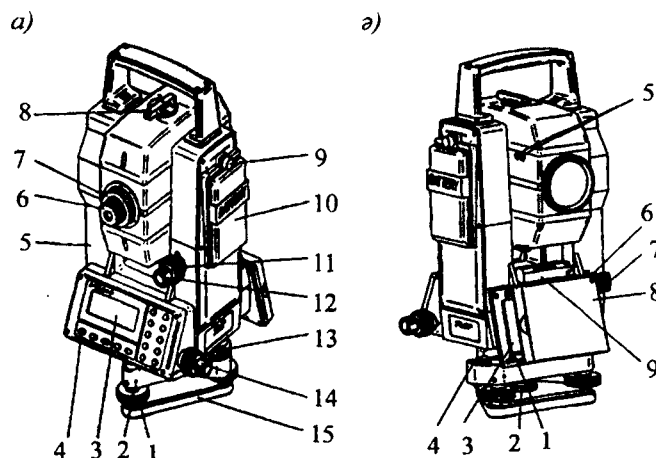
Көру дүрбісін фокустеу кремальера сақиналарын айналдыру арқылы орындалады. Окуляр жіп торларының нақты бейнелерін алғанға дейін диоптрлік сақиналарды айналдыру арқылы реттеледі. Қараңғы кезде жұмыс істегенде жіптік тор, жарық диодпен жарықтандырылады.

Тахеометр тіреуде орналасқан дөңгелек деңгей мен цилиндрлік деңгейлеуіш (1) арқылы горизонталь бағытқа келтіріледі.

Тахеометр дисплейлі және жады картасы бар басқару панелімен жабдықталған. Оның бүйір қақпағында сыртқы ток көзін жалғау және дербес компьютер қосу үшін ұяшық орналастырылған.

Тахеометрді алған кезде құрамдас бөліктері мен сыртқы бейнесін тексеру.

Көру дүрбісін күнге тура бағыттауға болмайды. Тахеометрдің оптикалық бетін қолмен ұстауға болмайды, бетін металл заттармен және кір шүберекпен сүртуге болмайды, ал тахеометрді жапқышпен жапқан жөн.



8.10-сурет. 3T5PM электронды тахеометрі:

а) 1 – көтеру бұрандасы; 2 – түзету бұрандасы; 3 – дисплей; 4 – қосу/айыру батырмасы; 5 – колонка; 6 – диоптрлі сақина; 7 – көру дүрбісінің кремальерасы; 8 – коллиматорлы көздегіш; 9 – бұранда; 10 – батарея; 11,13 – жсетекші бұрандасы; 12,14 – бекіту бұрандасы; 15 – табаны; ә) 1 – инжектор батырмасы; 2 – түзету сайыны, 3 – жады картасы; 4 – дөңгелек деңгейлеуіш; 5 – клеммалар; 6 – центрирдің түзету бұрандасы; 7 – оптикалық центрирдің окуляры; 8 – жады картасы байланысатын түйін; 9 – цилиндрлік деңгейлеуіш

Буланудан сақтау үшін суық жерден жылы бөлмеге кіргізген кезде тахеометрді қаптамада сақтап, оны 2 сағаттан кейін ашқан жөн. Тахеометрді жылы жерден қорапқа салып шығарып, қорапты далада 1 сағаттан кейін ашқан жөн.

Кассеталық ток көзін ұзақ уақыт тахеометрге қосуды күйінде қалдыруға болмайды. Кассеталық ток көзін зарядтау кезіндегі бөлме температурасы шамамен $+5$ -тан $+40$ °C-қа дейін болуы керек.

Тахеометрде жоғарғы кернеудегі ток өткізгіш элементтер болмағандықтан өлшеу жұмыстарын жүр-

гізу кезінде қауіпсіздік шаралары жүргізілмейді.

Зарядтау құралын ток көзінен қосар алдында ток шнурымен оның вилкасын тексеру қажет. Зарядтау құралын суық жерден әкелгенде 2 сағаттан кейін қосқан жөн. Зарядтау құралын шаң мен ылғалдан сақтау керек.

Аспаппен далада жұмыс істеу кезінде электр желілері, ток кабельдері, электрленген теміржолдар, т.б. электр құралдарының жанынан алыс тұру қажет. Жанбыр жауып, найзағай түскен кезде ашық жерде жұмыс істеуге болмайды.

8.3.2. Жұмыс істеу тәртібі

Аспаппен жұмыс істер алдында батареяны зарядтап, оның жұмыс істеу қызметін, жад картасының көлемі мен оның батареясын тексеру қажет.

Тахеометрде өлшенген горизонталь бұрыш мәндерінің коллимациялық қателігіне түзетулер автоматты түрде енгізіледі. Оның мәні тахеометрдің қателіктерін анықтау процесінде анықталып, тахеометр жадында түзету мәндерін анықтауға дейін сақталады.

Өлшеулер кезінде вертикаль осьтің көлбеу бұрышын ескеріп, автоматты түрде вертикаль осьтің көлбеулігіне түзету енгізіледі. Жер қисықтығы және рефракцияға түзетулер автоматты түрде енгізіледі ($K = 0.13$). Лимбтің айналу жылдамдығына байланысты бұрыш датчиктері шектелген. Сондықтан көру дүрбісінің максимал айналу жылдамдығы мен тахеометрдің айналу жылдамдығы горизонталь жылдамдықта бір айналу/с-нан аспауы тиіс. Тахеометрмен жұмыс істеу кезінде батарея кернеуін үнемі тексеріп отырған жөн. Ток кернеуі 6,5 В-тан төмен кезде дисплейде «аккумулятордың разрядталуы» деген дерекпен сигнал дыбысы шығады. Осы деректен кейін тахеометрмен жұмыс істеу мүмкін емес. Жұмысты жалғастыру үшін тахеометрдің ток көзін ауыстыру қажет.

8.3.3. Оптикалық центрир мен деңгейлеуіштерді тексеру және түзету

Тахеометрдің цилиндрлік деңгейлеу осін, екі көтергіш бұрандасымен қосатын түзуге параллель қойып, осы бұранданы қарама-қайшы бағытта бұрап, деңгейлеуіш көпіршігін ортаға әкелу қажет. Тахеометрді 90°-қа бұрып, үшінші көтергіш бұрандасымен деңгейлеуіш көпіршігін ортаға келтіреміз. Содан кейін тахеометрді 180°-қа бұрып, деңгейлеуіш көпіршігінің ортадан ауытқығанын бағалаймыз. Егер көпіршік қозғалысы бір бөлікті көрсетсе, жартысын қондырғыштың көтергіш бұрандасымен, екінші жартысын деңгейлеуіштің түзету бұрандасымен келтіреді. Дөңгелек деңгейдің көпіршігін түзету винттерімен сәйкес келетін қажетті шегіне келтіреді. Сөйтіп тексеруді қайталайды.

Тахеометрді штативке орнатып, штативтің астына марканы қоямыз. Табанның көтергіш бұрандаларының көмегімен центрирдің жіптік торын марканың қиылысқан жеріне келтіреміз.

Тахеометрді 180°-қа бұрып, центрир жіптік торының маркадан ауытқығанын байқауға болады. Кіші дөңгелек радиусында ауытқыған жіптік торы центрлеу қателігіне (i , мм) сай келіп, мұндағы i – штатив биіктігі. Егер ауытқу радиусы жоғары болса, центрирді түзету бұрандасымен

жөндеп және тексеруді қайталау қажет.

8.3.4. Көру дүрбісінің жіптік торының көлбеулігін тексеру

Тахеометрді штативке орнатып, горизонталь жазықтыққа келтіреді. Көру дүрбісін көздеу нысанасына бағыттап, тахеометрді вертикаль осі бойынша дүрбіні жоғары және төмен қозғалту қажет. Егер жіп торы вертикальдан үш (штрих) пернеге ауытқыса, кремальера сакинасын шешіп, окулярдың бекіткіш бұрандасын босатып, жіптік тордың көлбеулігін түзету қажет. Жұмыс аяқталған соң қабын кигізіп тексеруді қайталау керек.

8.3.5. Көру дүрбісінің жіптік торын тексеру және түзету

Тахеометрді орнатқаннан кейін аспаптан 20-50 м аралықта бір призмы жарық шағылдырғыш құралын орнату керек. Содан кейін өлшеу режимін нысанаға дәлдеп, тахеометрдің көру дүрбісін жарық шағылдырғыштың центріне дәлдеу керек.

Вертикаль жетекші винтімен көру дүрбісін жоғары қарай сигнал деңгейі төмендегенше жылжытады. Ал призма центріне қатысты жіп торы қиылысын қатырып, содан кейін сол сияқты сигнал деңгейіне дейін көру дүрбісін төмен жылжытып, жіп торын призма центріне қатысты бекіту

керек. Егер көру дүрбісінің көлбеу бұрышы дүрбіні төмен және жоғары апарғанда тең болса, онда вертикаль жазықтықта жіптік торды түзету дұрыс орындалғаны.

8.3.6. Коллиматорлы көздегішті тексеру

Тексеруді маркамен 50 м арақашықтықта орындау қажет. Көру дүрбісін коллиматорлық көздегіш бойынша марканың жоғарғы белгісіне бағыттап, марканың төменгі жағының белгі көрінісінің ауытқуын бағалау қажет. Егер марка белгісі көру дүрбісінің жіптік торымен 1/4 сәйкес келмесе, көздегішті бекіту бұрандасымен сәл босатады. Содан соң көру дүрбісін марканың төменгі белгісіне бағыттап, көздегішті горизонталь жазықтықта жіптік тордың қиылысымен сәйкес келгенше жылжытады. Бекіту бұрандаларын қатайту кезінде көздегіш жіптік торының горизонталь штрихының марка қиылысу белгісімен дәл келуін бақылау керек.

Тахеометрдің көру дүрбісін зенит арқылы 180°-қа айналдырып, екінші көздегішті тексеру қажет.

8.3.7. Майлау

Жалпы тахеометр майлауды көп қажет етпейді. Тахеометр осьтерін қажет жағдайларда жылдам және үздіксіз қолданғанда пайдаланады.

Тахеометрді төменгі температурада қолдану кезінде майы қоюланып, майлау қажеттілігі $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ температурада болады.

Тахеометр осьтерінің майлануы зертханада жасалуы қажет.

Горизонталь осі қатты жүрсе, тахеометрді шашпай жөндеуге болады. Ол үшін тахеометрді қырынан қойып, осьтеріне 1-2 тамшы май тамызады. Содан кейін тахеометрді екінші қырына жатқызып, осьтің екінші жартысын майлайды.

Көру дүрбісін бірнеше рет айналдырады. Егер майланғаннан кейін нәтижесіз болса, онда арнайы зертханада тазалап майлайды. Майлау кезінде аспап кешеніндегі маймен майлаған дұрыс.

8.4. LEICA TPS-300 сериялы тахеометр

TPS-300 LEICA тахеометрі тез әрі дәл жұмыспен қамтамасыз етеді. Олар құрылыс аймақтарында қарапайым және күрделі өлшеулер жүргізу үшін құрастырылған.

Құрастыру кезінде «Leica Geosystems» фирмасының инженерлері пайдалануы кезіндегі ыңғайлылығына және өндіріс көлемінің ұлғайтылуына ерекше көңіл бөлген. Салмағы өте жеңіл әрі жаңа функционалды мүмкіндіктерге ие.

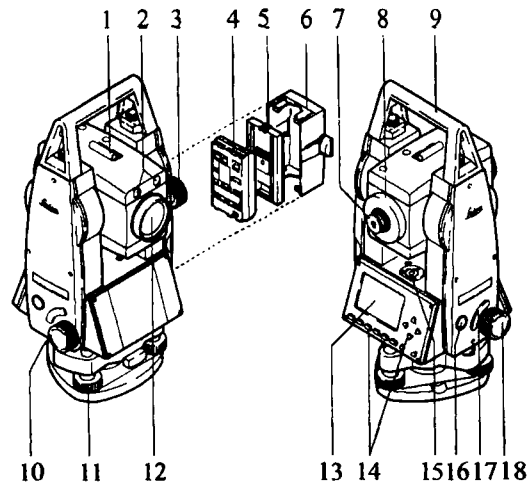
TPS-300 жүйелі тахеометріне аспапты нүктенің үстіне жай, тез және ыңғайлы орналастыру үшін лазерлік центрир енгізілген.

TPS-300 базалық жүйесіндегі TCR тахеометрін модификациялау, өлшеулер мен шағылыстырғышты пайдаланбай-ақ, нүктелердің координаталарын анықтауға мүмкіндік береді. Мұнда өлшеу жұмыстары тез әрі дәл орындалады.

Бұл тахеометрлер өлшеу объектілері қиын берілетін жерлерді өлшеуге ыңғайлы: мысалы, ғимараттың бұрыштары, т.б. Қызыл лазерлі шағылыспайтын қашықтық өлшеуіш, қиын жұмысты қауіпсіздендіріп және жеңілдетеді.

Қызыл лазер арқылы өлшемі 1-2 см болатын затқа дейінгі арақашықтықты өлшеуге болады. Беткейдің түрі мен құрылымына байланысты 80 м-ге дейінгі арақашықтық бірнеше сек ішінде $3\text{ мм} + 2\text{ мм}$ дәлдікті тахеометрмен өлшенеді (8.11-сурет).

Тахеометрге арнайы (жұмыстарды жүргізу үшін есептеу бағдарламалық пакет енгізілген) түсірісті, қиылыстыру мен ауданның мәнін жүргізу үшін бағдарламалық пакет енгізілген. Бастапқы мәзір бірте-бірте тахеометрдің барлық функциялары мен бекіткіштерден жекелеп өтеді. Осы арқылы қателіктерді жібермеуге және қымбат өлшеулерді қайта жүргізбеуге болады. Қарапайым батырмалардың



8.11-сурет. LEICA TPS-300 тахеометрі:

- 1 – оптикалық визир; 2 – енгізіліген бағыттау жүйесі; EGL – белгімен (маяк) визирлеу; 3 – биіктік бойынша жетекші винт; 4 – аккумулятор батареясы; 5 – аккумуляторлық; батареяға GEB111 арналған панель; 6 – аккумулятор қақпағы; 7 – окуляр; фокустаушы сақина, тор; 8 – бейнені фокустаушы сақина; 9 – тұтқасы; 10 – тізбектелген порт RS232; 11 – көтеру бұрандасы; 12 – қосарланған электрондық қашықтық өлшеуіш объективі; (EDM); 13 – дисплей; 14 – клавиатура; 15 – дөңгелек деңгейлеуіш; 16 – іске қосу пернесі; 17 – триггер батырмасы; 18 – азимут бойынша бағыттау бұрандасы

көмегімен әріптік-сандық деректерді оңай енгізуге болады. Ал үлкен графикалық дисплей, жұмысты орындау кезінде өте ыңғайлы.

Тахеометрдің жад көлемі 4000 мәліметтер блогын құрайды, ал басқару жүйесі далалық мәліметтерді жеңілдетеді.

Өлшеулерді өңдеу және теңестіру үшін TPS 300 тахеометрінде CREDO-Dat, Autodesk Survey бағдарламасын колданады.

Leica TPS-300 тахеометрі геодезиялық деректерді өңдеудің кез келген технологиялық тізбегіне енгізе алады.

Далалық өлшеулер геодезиялық өлшеулерді өңдеуге және теңестіруге арналған CREDO-DAT, Auto Desk Survey бағдарламаларына беріле алады.

Әрі қарай аймақтың үш өлшемді моделін құру, горизонтальдарды салу және шартты белгілермен қоса,

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

жағдаяттық жоспарды жүргізу үшін нүктелердің теңестірілген үш өлшемді координаталары *Credo – TER, CREDO* – *MIX, CAD – Relief, TOPOCAD, Auto Desk Land Development Desktop* бағдарламасына беріледі.

8.3-кесте

Leica TPS-300 сериялы тахеометрінің техникалық сипаттамасы

Негіздік (базалық) жүйе TPS-300 TC – электронды тахеометрі TCR – өлшеуге арналған шағылдырғышсыз тахеометрлер		TC 303 TCR 303	TC 305 TCR 305	TC 307 TCR 307
Горизонталь және вертикаль дөңгелектің ДИН 18723-ке сәйкес дәлдігі		1 мгон, 3"	1,5 мгон, 5"	2 мгон, 7"
Компенсатор	Электронды екі осьті	•	•	•
	Құрылғының ауқымы	± 0,07 гон	± 0,07 гон	± 0,07 гон
	Құрылғының дәлдігі	0,3 мгон	0,5 мгон	0,7 мгон
Арақашықтықты өлшеу (стандартты өлшеу, дәлдік)		2 мм+2 ppm	2 мм+2 ppm	2 мм+2 ppm
Өлшеу қашықтығы – атмосфераның орташа жағдайында дөңгелек призма		3000 м	3000 м	3000 м
Өлшеу уақыты		< 1 sec	< 1 sec	< 1 sec
Шағылдырғышсыз арақашықтықты өлшеу (TCR аспабы) – дәлдік		3 мм+2 ppm	3 мм+2 ppm	3 мм+2 ppm
Деректерді тіркеу		4000	4000	4000
Көру дүрбісі		30 x есе	30 x есе	30 x есе
		1°30' (1 км-ге 26 м)	1°30' (1 км-ге 26 м)	1°30' (1 км-ге 26 м)
		1,7 м	1,7 м	1,7 м
Келтіру бұрандасы		Шексіз		
Енгізілген аккумулятор		GEB 111, NiMH		
Бұрыштар мен арақашықтықты өлшеу саны		1000	1000	1000

8.5. TPS-400, Leica TS 407/405/403 сериялы электронды тахеометрлері

Топографиялық-геодезиялық, т.с.с. геодезия саласындағы жұмыстарға, құрылысқа және зерттеуге арналған классикалық электронды тахеометр.

Қарапайым қолданылатын интерфейс енгізілген бағдарламалық камтамасыз етуді жеңілдетеді.

Ерекшеліктері:

- сирек дисплей;
- ыңғайлы батырмалар;
- шексіз, тура келтіру бұрандалары;
- лазерлік центрир;
- екі осьті компенсатор;
- жіптік тордың түстері;
- үйлестірілген қоректендіру элементтері;

– шағылдырғышсыз өлшеу.

Есептеу бағдарламалары

Түсіріс – аспаптың жылдам бағыттау, станцияның координаттарын бекіту, кодтау, бастапқы мәліметтермен өлшеулер файлдарын анықтау.

Бөлу – бөлу жұмыстарының негізгі әдістері полярлық және ортогональдық.

Арақашықтықты және 2 көздегіш нысан арасындағы өзара биіктікті өлшеу, осы бағыттағы дирекциялық бұрышты анықтау.

Ауданды анықтау online режимінде немесе жадта сақталған нүктелерді пайдаланып жүзеге асырылады.

Кері есеп – әр түрлі жолдармен өлшеулер жүргізу, соның ішінде тек қана бұрыштық өлшеулер жүргізіледі.

Биіктікті анықтау – қиын берілетін нүкте белгілерін анықтау.

База түзу – бастапқы түзуді бұзудың жеке жағдайы.

TPS-400 сериялы Leica TCR 403, 405 және 407 – шағылдырғышсыз қашықтық өлшеуіш, арақашықтықты өлшеуге арналған аспап.

Көрінетін қызыл лазерде кішкене бұрыштық айырмашылық бар 80 м арақашықтықта лазерлік дақтың көлемі 2 x 1,5 см-ді құрайды.

Қашықтық өлшеуішпен қоса нысан өлшеуіш қолданылады.

Лазерлік сәуленің осі көздеу осімен сәйкес келеді.

8.6. Leica TPS-1200 сериясының тахеометрі

TPS-1200 тахеометрі – «*Leica Geosystems*» компаниясының соңғы туындысы.

TPS-1200 сериялы аспаптарда осы күнгі аспап жасау саласындағы жетістіктер жүзеге асырылған.

Электронды тахеометрлердің жаңа мүмкіндіктері кез келген геодезиялық жұмыстарды тез, дәл және тиімді орындауды камтамасыз етеді.

Қажетті аспаптарды тұтынушылар керегінше таңдап алу үшін TPS-1200

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

сериялы тахеометрлері көп сериялы болып шығарылады, әрине ол қаржыны үнемдеуге мүмкіндік туғызады (8.12- сурет).

Бұл серияның мынадай модельдері бар:

ТС – базалық модель. Бұл аспап барлық стандартты жұмыстарды аз қаржы жұмсау арқылы жүзеге асырады.

Бұл аспаптар 2 мм + 2 ррм дәлдікпен 3000 м артық өлшеуішпен жабдықталған.

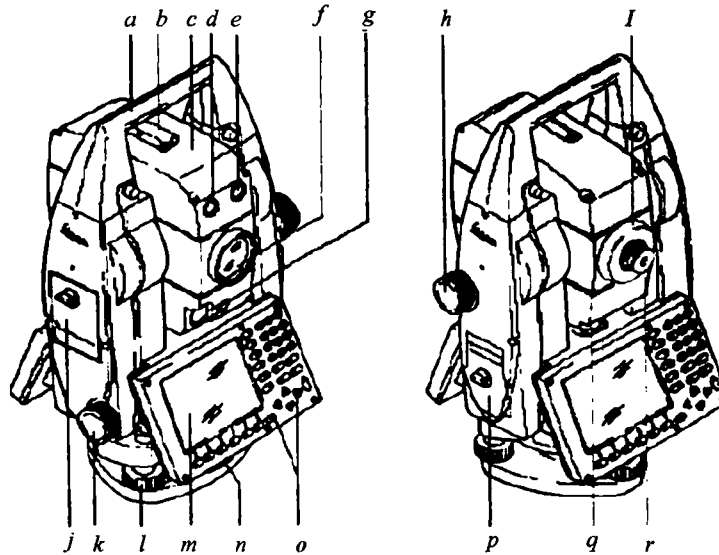
ТСR – шағылдырғышсыз 170 м және шағылдырғышпен R300-500 м-ге дейін өлшейтін екі қашықтық өлшеуішпен жабдықталған. Бұл режимді өлшеудің дәлдігі 3 мм + 2 ррм құрайды.

8.4-кесте

Leica TCR-403, 405 және 407 тахеометрлерінің техникалық сипаттамасы

Көру дүрбісі Үлкейтуі 30х есе Көру аясы 1° 30' (1км-ге 26 мин.) Бұрыштарды өлшеу Абсолютті әдіс, үзіліссіз Дәлдігі 3''(1 mgon) 5''(1.5 mgon) 7''(2 mgon) Дисплейдің ең кіші разряды 1''(0.5 mgon) 1''(0.5 mgon) 1''(0.5 mgon) Арақашықтықты өлшеу (стандартты режим IR) <i>1 призмамен қашықтығы GPR1 (Leica)</i> 3000 m 3000 m 2500 m Дәлдігі 2 mm + 2ppm Шағылдырғышқа қаратып арақашықтықты өлшеу (TC/TCR) <i>GPR1 (Leica) призма ұзақтығы</i> 3500 m / 7000 m	Шағылдырғышсыз аралықты өлшеу (TCR) қызыл лазер <i>Қашықтығы 80 m</i> Дәлдік 3 mm + 2ppm Өлшеу уақыты 3 s + 1 s/10 m Басқару <i>Дисплей әріптік-сандық, 6 сызық 31 символ</i> <i>Клавиатура 4 функционалды батырмалар, кейде екі клавиатура</i> Шағылдырғышпен аралықты өлшеу (қызыл лазер) <i>Призмамен қашықтығы GPR1 (Leica) 5000 m</i> Деректерді сақтау және тарату (шығару) Ішкі жады 10000 деректер блогы Деректер форматы IDEX/GSI/ASCII/реттелетін форматтар <i>Интерфейс RS232</i> Ұзындығы X, ені X, биіктігі 151 mm x 203 mm x 316 mm <i>Салмағы(аспап/аккумулятор/трегер)</i> 4,2 кг / 0,2 кг / 0,6 кг <i>Лазерлік тіктеуіштің дәлдігі 1,5 м-ге 1,5 mm</i> <i>Жұмыс істеу ауқымының температурасы</i> -20°C +50°C
--	---

Базалық модельдермен қатар, «Leica Geosystems» компаниясы тұтынушыларға жоғарғы технологиялық, басқа да аспаптар ұсынады.



8.12-сурет. TPS-1205 тахеометрінің құрылысы:

a – тасуға арналған тұтқасы; b – оптикалық көздегіш; c – EDM, ATR и EGL жүйелерімен қамтылған көру дүрбісі; d – сары маягы EGL; e – қызыл маягы EGL; f – бұрыштық және сызықтық өлшеуге арналған коаксиалды оптика; g – PowerSearch; h – биіктік бойынша жетекші бұрандасы; i – фокустаушы сақина; j – CompactFlash жады картасының тетігі; k – азимут бойынша бағыттаушы бұранда; l – трегердің көтеру бұрандалары; m – дисплей; n – трегера бекітетін бұранда; o – клавиатура; p – аккумулятор орны; q – дөңгелек деңгейлеуіш; r – алынбалы окуляр

Олардың ішінде мынадай модельдер бар:

«TCRM» – модель шағылдырғышсыз және моторландырылған «сервопривод» қозғалтқыштың көмегімен өз бетінде өлшеу жұмыстарын жүзеге асырады.

«TCA» – әріпті модельдер автоматтандырылған аспаптар, олар нысананы автоматты түрде іздеп табуға және

әрі қарай призманы бақылап тұруға мүмкіндік туғызады. Бұл тахеометрлерді толық пайдалану жұмысын жүргізу, радиомодем арқылы жүзеге асырылады.

«TCRA» – моделі шағылдырғышсыз және автоматтандырылған өлшеу құралдарымен қамтылған.

«TPS-1200» сериялы электрондық тахеометрлердің ішінде «P» әрпімен

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

белгіленген аспаптар да бар, оның толық белгіленуі – *TCRP*.

Бұл тахеометрлер *TCR*, *TCRM*, *TCRA* модельдеріне карағанда толық жетілдірілген.

Сонымен қатар нысананы тез табатын «PowerSearch» функциясымен жабдықталған.

Басқа аспап жасайтын компаниялардың жабдыктарынан «PowerSearch» нысаны тез табатын функцияның ерекшелігі – күшті призма немесе радиотаратқыш сияқты қосымша жабдықтардың қажетсіздігі.

Аспаптар 1", 2", 3", 5" дәлдікпен бұрыш өлшейді.

TPS1200 сериялы тахеометрінің стандарттық кешені мынадай қолданбалы есептеу бағдарламасымен қамтылған:

- Survey (түсіріс) топографиялық түсірістерді жүргізу үшін;

- Setup (аспапты бағыттау) әр түрлі тәсілдер арқылы аспапты бағыттайды;

- Ол тәсілдер мына бағдарламалармен қамтамасыз етілген;

- Resection (кері қиылыстыру);

- Local Resection (кері қиылыстырудың жеке жағдайы);

- Orientation & Height Transfer (бірнеше бағыттарға бағыттау);

- Known Azimuth (белгілі азимутқа бағыттау);

- Known BC Point (белгілі стансаға қарай бағыттау);

- Stakeout (бөлу) құрылыс элементтерін жергілікті жерге көшіру;

- координата есептеу.

8.7. TPS-1200 тахеометрлерінің сипаттамалары мен мүмкіндіктері

Үлкен радиуста жұмыс атқаратын, «Коаксиалды» дәлдігі жоғары бірнеше өлшеу режимі бар, тез және дәл қашықтық өлшеуіш.

Бір призмамен 3 км-ге дейін өлшейді.

Шағылдырғышсыз лазерлі қашықтық өлшеуіш.

«Коаксиалды» қызыл лазерлі қашықтық өлшегіш ең кіші радиусты дақпен 500 м-ге дейін қашықтық өлшей алады.

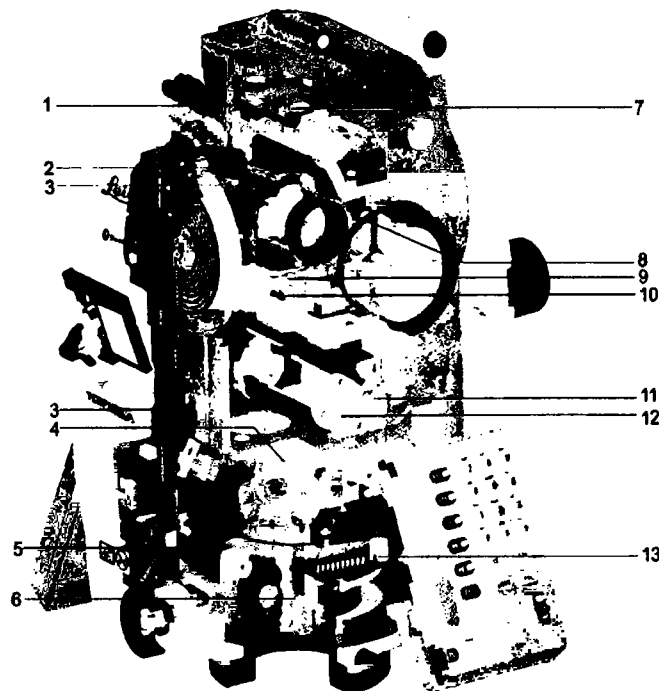
Өлшеуді ғимараттың бұрышына, қол жетпейтін нысандарға дейін жүргізуге болады. Сондықтан бұл тахеометрдің арақашықтықты өлшеуде R_{100} және R_{300} екі варианты бар.

Шағылдырғышқа бағыттаудың қажеті жоқ.

Жобадан жергілікті жерге көшіру жұмыстары оңай және тез атқарылады.

Аспапқа қатысты қолданылатын терминдер және олардың түсініктемелері:

TPS – Total Station positioning system – электронды тахеометр;



8.13-сурет. TCR1205 электронды тахеометрінің ішкі құрылысының негізгі бөліктері: 1 – көздегіш көрсеткіші (EGL) сәуле таратушы; 2 – вертикаль бұрыштың (V) өлшеу жүйесі: сәуле таратушы; дөңгелек әйнек; 3 – компенсатор, 4 – сәуле таратушы линза; 5 – моторландырылған жетек, 6 – лазерлік тіктеуіш; 7 – нысанды автоматты анықтау жүйесі (ATR): сәуле қабылдағыш; 8 – қашықтық өлшеуіштің лазерлік жүйесі (EDM) – сәуле қабылдағыш; 9 IR – сәуле таратушы (шағылдырғыш призмамен өлшеу режимі); 10 – RL – сәуле таратушы (шағылдырғыш призмасыз өлшеу режимі); 11 – Power Search: сәуле таратушы, сәуле қабылдағыш; 12 – горизонталь бұрышты өлшеу жүйесі; 13 – сәуле қабылдағыш, дөңгелек әйнегі

GNSS – Global navigation satellite system – GPS, ГЛОНАСС, SBAS жерсерігі навигациялық жүйелердің жалпы аты.

EGL – белгімен (маяк) визирлеу. Құрылыс жұмыстарында жармаға қою немесе бөлуде, нысаналау сызығына шағылдырғышты тез орнатуға мүмкіндік беретін қолайлы құрылғы.

ATR – Нысаналау нүктесін автоматты түрде іздеу.

Призмаға автоматты түрде тура бағыттау. Өлшеу жылдамдығын ұлғайтып, жұмыстың жалпы өнімділігін жақсартады.

PS (Power Search) – шағылдырғышты тез табу. Шағылдырғышты тез және тиімді табу. Жұмыстың барлық түрінде қолдану, оның ішінде тахеометрді алыстан тұрып басқару мүмкіндігі бар.

EDM – қашықтық өлшеуіштің лазерлік жүйесі:

- IR – шағылдырғыш призмамен өлшеу режимі;
- RL – шағылдырғыш призмасыз өлшеу режимі;
- LO – алыс қашықтықтарды шағылдырғышты қолдана отырып қызыл лазер көмегімен өлшеу режимі.

RCS – қашықтықта бақылау жүйесі.

PinPoint – арақашықтықты шағылдырғыш призмасыз жіңішке лазерді қолдана отырып, өлшеу технологияларына жатады. Бұл режимде R100 және R300 варианттары қолданылады.

Motorised – аспап өзінің негізгі және көру дүрбісінің айналу осінде қозғалуға мүмкіндігі бар «сервопривод» қозғалтқышымен жабдықталған.

Аспаптың негізгі мүмкіндіктері (8.5-кесте):

Дәлдігі жоғары бұрыштық өлшеулер. Бұрыштық өлшеулерді үздіксіз жүргізетін дәлдігі жоғары өлшеу жүйесі. Дәлдігі 1"-тен 5"-ке дейінгі аралықта.

Бұрандалары шексіз айналады. Нысанаға тез әрі дәл көздеу жұмыстарына арналған.

Лазерлі тіктеуіш. TPS-1200 арқылы центрлеу оңай тез және дәл.

Радимодем. Мәліметтерді TPS-1200 пен сыртқа қабылдағыш арасында беру өте жылдам және үлкен сенімділікпен жүреді.

Алыстан (қашықтықтан) басқару пульті. TPS-1200 тахеометрі радиомодем арқылы басқарылады. Геодезист түсірісті қосымша көмекшісіз, шағылдырғыш арқылы жүргізеді.

CompactFlash жады картасы. Кең ауқымды, сенімді ақпараттар сақтаушы. Мәліметтерді беруге өте қолайлы.

Жадысы. Аспап ішінде орнатылған үлкен сыйымдылықты жады.

Жоғарғы контрасты графикалық дисплей. Жоғарғы сапалы бейне және контрасты үлкен жарық дисплей. Графיקаны өте жақсы бейнелейді. Жарық және қараңғы кездегі дисплей жарықтығының сапасы жоғары.

Арнайы жасалған клавиатура. Қолдануға өте қолайлы. Клавиатураның әріптік-сандық реті және функционалды пернелері орнықты және түсінікті орналасқан.

Біріктіріліп орнатылған Li-ion батареясы. Көлемі, пішіні және салмағы кішігірім жасалып, TPS-1200 жұмысын көптеген сағат бойы қамтамасыз етеді.

Графикалық қарау режимі. Тахео-

метр жұмыс нәтижесін графикалық бейнелейді.

Сенсорлық экран немесе клавиатура батырмалары нүкте немесе басқа да объект бойынша мәліметті алуға мүмкіндік береді.

Жұмыс нәтижелерін кодтау және бейнелеу. Экранда түсіріс нәтижелерін графикалық бейнелеу үшін деректерді нүктелі, сызықтық және аудандық объект бойынша кодтауға болады.

8.5-кесте

TPS-1200 сериялы тахеометрлерінің техникалық сипаттамасы

Техникалық сипаттама	1201 типті	1202 типті	1203 типті	1205 типті
Бұрыштарды өлшеу				
Дәлдік Г, В (стандарттық ауытқу, ISO 17123-3)	1"	2"	3"	5"
Есептеу әдісі	Абсолюттік, үзіліссіз, диаметрлі			
Компенсатор	Орталық екі осьті			
Жұмыс істеу ауқымы/ дәлдік	4' / 0,5"	4' / 0,5"	4' / 1,0"	4' / 1,5"
<i>Арақашықтықты өлшеу – стандартты режимі (IR)</i>				
Бір призмаға деген қашықтық	3000 м			
Минимал арақашықтық	1,5 м			
Дәлдік (стандарттық ауытқу, ISO 17123-4) / өлшеу уақыты	2 мм + 2 ppm / 1.5 с			
<i>R100/R300 (RL) Арақашықтықты өлшеу – шағылдырғышсыз режим PinPoint</i>				
Алыстығы	PinPoint R100	170 м / 100 м (90% / 18%)		
	PinPoint R300(*)	500 м / 300 м (90% / 18%)		
Минимал ара қашықтық	1,5 м			
<i>Моторлы тахеометр</i>				
Бұрыштық максимал жылдамдық	45° / с			
Визирлік нысанаға автоматты бағыттау (ATR)				

8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

Бағыттау (ATR)/ Іздеу (LOCK)	1000 м / 800 м	
Дәлдік / Өлшеу уақыты	< 2 мм / 3 – 4 с.	
Іздеу уақыты (LOCK)	20 м	5 м / с.
	100 м	25 м / с.
Көздегіш нысананы іздеу PowerSearch (PS)		
Диапазон	200 м	
Толық айналып шолу уақыты	< 10 с.	
Негізгі деректер		
Үлкейту	30х есе	
Көру өрісі	1° 30' (1.66 gon) / 100м –ге 2.7. м	
Минималды фокустық аралық	1.7 м	
Дисплей	1/4 VGA (320*240 пикселді), жарығы бар ЖК	
Клавиатура	34 клавиштер (12 функционалдық, 12 әріптік-сандық) жарығы бар	
Ішкі жады	32 MB (опция)	
Жады картасы	CompactFlash (32 MB, 256 MB), 1750 жазба 1 MB	
Интерфейс	RS232	

8.8. TCR1205 R100/R300 модельдері

Бұл тахеометрлер шағылдырғышсыз екі қашықтық өлшеуіштермен жабдықталған: R100 қашықтықты 170 м-ге және R300 500 м-ге дейін өлшеуге мүкіндік береді.

Тахеометрдің өлшеу дәлдігі 3 мм + 2 ррт құрайды (8.14-сурет).

TCR1205 R100/R300 тахеометрінің артықшылығы:

- жұмыс атқаруы үлкен радиусты, тез және дәл қашықтық өлшеуіш;
- шағылдырғышсыз кіші дақты лазерлі қашықтық өлшеуіш;

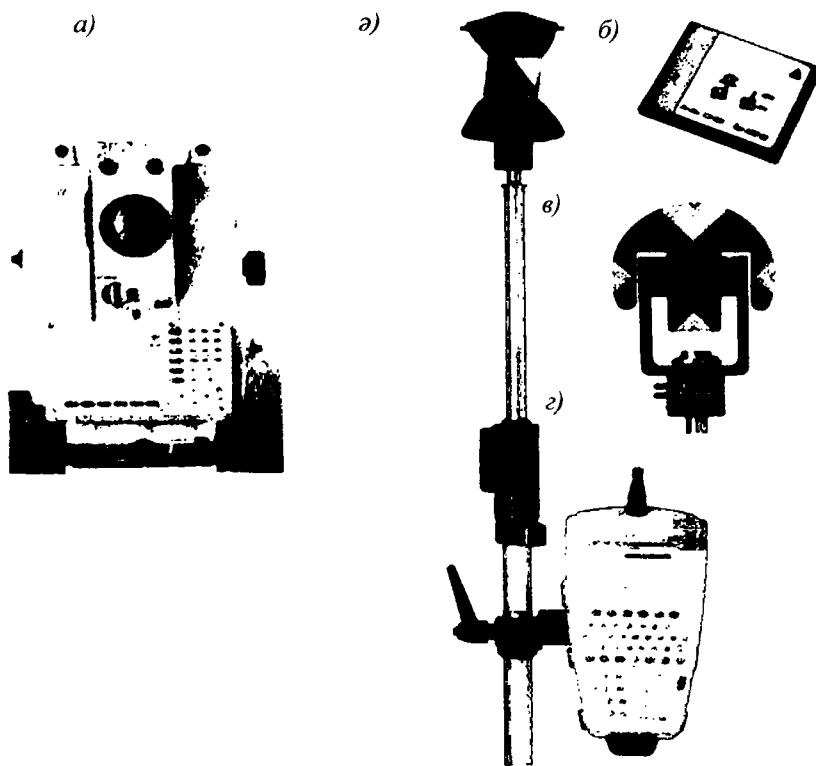
– контрасты жоғары графиктік сенсорлық дисплей;

- шексіз жетекші бұранда;
- екі осьті компенсатор;
- жұмыс нәтижелерін графиктік көру режимі;
- тиімді аккумуляторлық батареялар;

– компьютермен байланыстырған RS232 порт және сыйымдылығы мол CompactFlash жад картасы;

– мәліметтер алмасу форматы.

Сонымен қатар Leica TPS-1200 жүйесі – **SmartRover** және **SmartStation** жинағымен қамтылған (8.15-сурет). Олар:



8.14-сурет. TCRI205 тахеометрі, оның қосымша құрал-жабдықтары:
а – электронды тахеометр; б – призма бекітілген белгі; б – жады картасы;
в – шағылдырғыш; г – GPS контролер

– *SmartStation* – нүкте орнын анықтауға және электронды тахеометрді бағыттауға арналған;

– *SmartRover* – стандартты жылжымалы GPS қабылдағышы ретінде қолданылады;

– *SmartRover* – шағылдырғыш және роботталған тахеометрді басқару үшін, сонымен қатар жылжымалы GPS қабылдағышы ретінде координаталарды анықтауға арналған.

Бұл аспап статика және нақты (РТК) уақыт аралығында жұмыс істей береді. Негізгі ерекшеліктері:

– 40°C-тан +65°C-қа дейінгі температурада жұмыс істейді (GPS және Тахеометр үшін);

– 1 м тереңдікке дейін су өткізбейді;

– Шаңды өткізбейді

– Барлық жағдайда қолданылады;

– Салмағы – 2,8 кг.

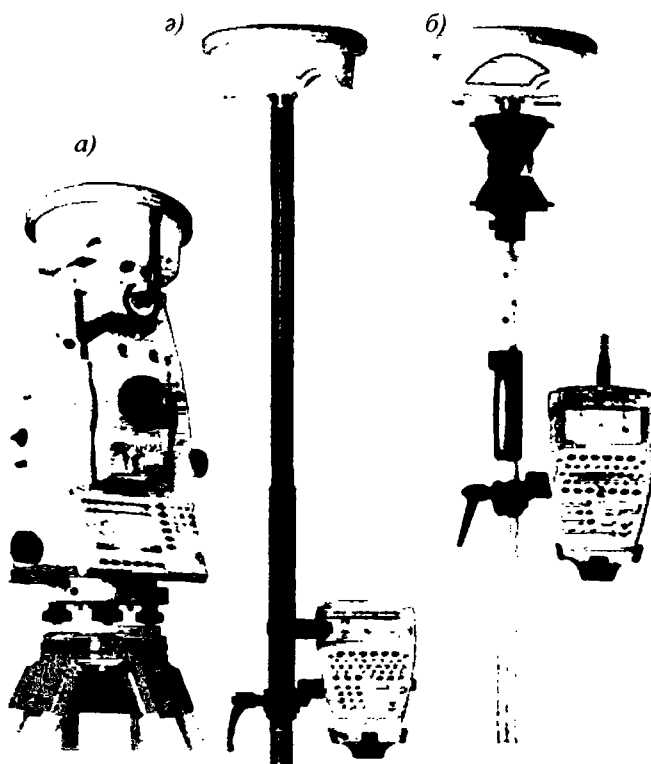
8-ТАРАУ. Электронды тахеометрлер

Жылжымалы немесе базалық қабылдағыш ретінде қолдануға болады:

- Кабельсіз;
- Байланыстың әр түрі;

– Bluetooth™ mobile phones функциясы;

– GFU devices with GHT56 функциясы.



8.15-сурет. а – SmartStation; б – SmartRover; в – SmartRover

Бақылау сұрақтары

1. Электронды тахеометрлерді шығаратын жетекші өндірістер.
2. Қазіргі жаңа тахеометрлердің техникалық сипаттамалары және конструктивті ерекшеліктері.
3. Электронды тахеометрлердің өлшеу түрлеріне байланысты кластары.
4. Тахеометрлердің негізгі мақсаты.
5. Тахеометрлерді қамтамасыз етудің есептік бағдарламалары.
6. Деңгейлеуішті түзету және оптикалық центрилерді тексеру.
7. CompactFlash жады картасы не үшін пайдаланылады?
8. Шағылдырғыштың қандай түрлері бар?
9. TCR және TC тахеометрлерінің айырмашылығы қандай?
10. Ресей қандай маркалы тахеометр шығарады?
11. Универсалды электронды тахеометрді қалай түсінесіз?
12. Шағылдырғышсыз түсіретін электрондық тахеометрдің принципі.

9-ТАРАУ. ҒАРЫШТЫҚ БАҒДАР ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ АСПАПТАРЫ (GPS)

9.1. Жерсеріктік навигациялық жүйе аспаптары

GPS, ГЛОНАСС, NAVSTAR, GALILEO деген сөздер бүгінде баршаға мәлім. Біз олардың қалай жұмыс істейтіндерінен де хабардармыз. Десек те ЖСНЖ (жерсеріктік навигациялық жүйелер) туралы түсінік бергенді жөн көрдік. Қазіргі кезде ГЖНЖ-нің мынадай түрлері бар:

1. GPS – (Global Positioning System), ғаламдық позиционирлеу жүйесі, АҚШ;

2. ГЛОНАСС (ғаламдық навигациялық серіктік жүйе, Ресей);

3. GNSS – Global Navigation Satellite System), Еуропалық ғарыштық агенттіктің (ESA) одақтық жүйесі. Бұл жүйе GPS-тің де ГЛОНАСС-тың да сигналдарын өңдей алады. 2003 жылы Еуропалық ғарыштық агенттігі (ESA) осы GNSS жүйесін тестен өткізді.

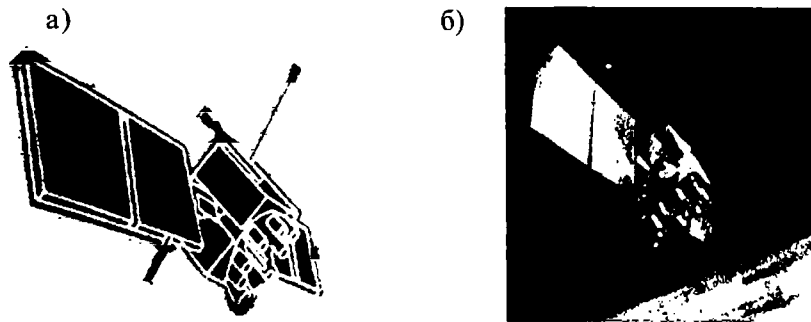
2005 ж. ESA мен Ресей еуропалық жүйені сынақтан өткізу үшін ГЛО-

НАСС-М жер серігін пайдалану туралы келісімге қол қойды. Еуропалық GNSS жобасы екі сатылы (GNSS-1 және GNSS-2) сынақтардан өтуде. Жобаның негізгі бөлігі GNSS-2, «GALILEO» атты жаңа ғарыштық жүйемен жүзеге асты.

GPS/NAVSTAR – (Navigation Satellite Timing and Ranging), АҚШ-тың көпфункционалы РНЖ-і. Дүниежүзілік келісім бойынша барлық ғаламдық жерсеріктік позиционирлеу жүйесін GPS деп атаған. Бұл жүйеге АҚШ-тың да, Ресейдің де РНЖ-ы кіреді. Америкалық NAVSTAR 1991 ж. бастап әскери салада (9.1, а-сурет) қолданылса, 2000 ж. бастап оны әлем пайдалануда. Қазіргі таңда АҚШ GPS-тің жетілдірген түрін іске қосты (9.1, б-сурет).

Жер серігі радионавигациялық жүйеде 24 GPS жердің навигациялық жасанды серіктерінің (соның ішінде 3-уі резервте) бір-бірінен 60°-пен әрқайсысында 3-4 жер серігі бойынша

9-ТАРАУ. Ғарыштық бағдар жүйелерінің аспаптары (GPS)



9.1-сурет. а) бұрынғы және б) жаңартылған NAVSTAR жер серіктері (АҚШ)

жылжытылған 6 шеңбер маңындағы орбиталарда орналасады. GPS-тің навигациялық жасанды жер серіктері орбиталарының биіктігі шамамен 20 000 км-ді құрайды. Айналу мерзімі – 11 сағат 57 минут 58,3 с. Соңғы буын жер серігінің массасы – 1044 кг.

ГЛОНАСС жер серігінің жүйесі (ғаламдық навигациялық спутниктік жүйе, Ресей). ГЛОНАСС жүйесінің серіктері үш орбита жазықтарында, әрқайсысы 8 данадан, экватор жазықтығына 64,80-қа көлбеу бұрышпен орналасады. Шеңберлі орбитаның биіктігі – 19100 км.

Ал жер айналасындағы серіктердің айналу периоды – 11 сағ. 15 мин. 44 сек. Жер серігінің массасы – 1415 кг. Жұмыс істеу мерзімі – 3,5 жыл. Жүйедегі жердің навигациялық жасанды серіктерінің (ЖНЖС) жобалау саны – 24 жер серігі. 1982 жылдан

бастап 74 ЖНЖС жіберіліп, қазіргі уақытта 18 жер серігі жұмыс істейді.

Осылай ГЛОНАСС жер серігінің радионавигациялық жүйесі қазіргі уақытта даму сатысында. Сонымен қатар, берілген жүйе жер серігінің әрекет етуші шокжұлдызы, GPS жүйесінің ЖНЖС-мен бірге қолданылады. Ол екі жүйенің де ЖНЖС сигналдарын қабылдауға есептелген пайдаланушы аппаратурасы (GPS қабылдағыштары) арқылы позициялаудың қолайлы жағдайын құруға мүмкіндік береді.

2004 жылы Ресейдің ГЛОНАСС-К атты салмақтары 750 кг, пайдалану мерзімдері 10-12 жылдық 6 жер серігі ұшырылды (9.2-сурет).

Биіктігі 23616 км, еңкістігі 560 GALILEO ғарыштық жүйесіне 30 жасанды жұмыс серіктері кірген. Олар 750 солтүстік ендікке дейінгі территорияны қамтиды.

9-ТАРАУ. Ғарыштық бағдар жүйелерінің аспаптары (GPS)



9.2- сурет. ГЛОНАСС жер серіктері

GALILEO жүйесінің қабылдағыштары GPS және ГЛОНАСС қабылдағыштарындай жұмыс істейді және мәліметтерді жоғары жылдамдықпен бере алады.

GPS және ГЛОНАСС ЖСНЖ-не қарағанда еуропалық бұл жүйенің айырмашылығы – әскери мекемелерге бағынбайтындығы. Келешекте ГЛОНАСС және GALILEO жүйелерінің

қосылып бір ғаламдық жүйені құрайтыны сөзсіз.

Сөйтіп қазіргі таңда GALILEO ЖСНЖ-інің ғарыштық сегменті өрістеуде.

ГЛОНАСС ЖСНЖ-нің сипаттамалары 9.1-кестеде, ал GPS және ГЛОНАСС сипаттамалары 9.2-кестеде келтірілген.

9.1-кесте

ГЛОНАСС жер серіктерінің техникалық сипаттамалары

Көрсеткіштері	ГЛОНАСС	ГЛОНАСС-М	ГЛОНАСС-К
Жұмыс істеу мерзімі, жыл	3	7	10-12
Салмағы, кг	1400	1400	750
Жер серіктерінің ұшыру саны			
– ПРОТОН	3	3	6
– СОЮЗ	-	-	2
Энерготұтыну, Вт	1000	1000	1000
Азаматтық сигналдар саны	1	2	3
Арнайы сигнал саны	2	2	3

9-ТАРАУ. Ғарыштық бағдар жүйелерінің аспаптары (GPS)

9.2-кесте

Ғарыштық жүйенің сипаттамалары

Сипаттама	GPS	ГЛОНАСС
Баллистикалық құрастыру	6 орбита 4 ЖЖС-тен	3 орбита 8 ЖЖС-тен
ЖЖС-тің дөңгелек орбитадағы ұшу биіктігі, мың км	20,2	19,1
ЖЖС айналу периоды, град. мин.	12	11-15
Орбитаның экваторға ылдидығы, град.	55	64,8
Жиіліктер (МГц)	1575,42	1602
(МГц)	1227,6	1246
Серіктер салмағы, кг		шамамен 430
Сандық ақпараттың берілу жылдамдығы		50 бит/с
Координатты анықтаудың орташа квадраттық қателігі, м	10-15	15-20

Навигациялық ЖЖС орбиталарының биіктігі мен олардың сандарын арттырады. Сондай-ақ, басқа факторлар Жердің кез келген нүктесінде, ауа райының кез келген және барлық уақытында нүкте орнын анықтау үшін ЖНЖ-нің камту әрекетін ғаламдық деңгейде қажетті мөлшерінің радиокөрінушілігін қамтамасыз етуде.

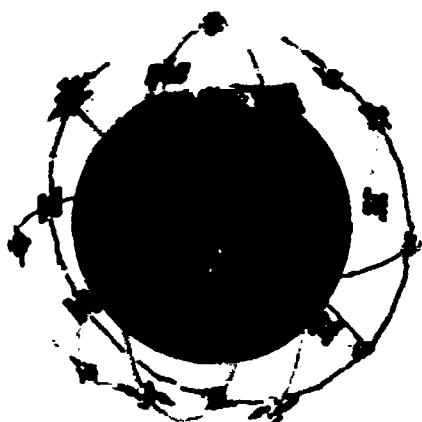
Жоғарыда аталып өткен үш жүйенің радионавигациялық сигналдарын қабылдау, есептелген тұтынушы аппаратурасын құру, геодезиялық және навигациялық мәселелерді шешу және нәтижелердің дәлдігін жоғарылатуда барлық елдің ғалымдары мен инженер-геодезистері іргелі ғылыми жұмыстар жүргізіп, нәтижелерін жүзеге асыруда.

Кез келген ЖЖНСЖ-нің негізгі бөліктеріне ғарыштық блок, жер бетіндегі бақылау блогы және тұтынушы блоктар жатады.

Осының ішіндегі көп функциялы міндетін ғарыш блогы атқарады (9.3-сурет). Ғарыштық группада 24 ЖЖС бар, олар орбитада қатаң тәртіппен орналастырылған, өйткені кез келген уақытта жердің кез келген нүктесінде тұрып 4 ЖЖС-тен ғана тікелей көрініс болу керек. ЖНЖ орбитасының биіктігі шамамен 20000 км болуы тиіс, ол әрбір жер серігінен радиокөрінушіліктің сипатын ғаламдық тұрғыда қамтамасыз етеді.

Мұндай биіктіктегі ЖНЖС-нің айналу кезеңі шамамен 12 сағатты құрайды.

9-ТАРАУ. Ғарыштық бағдар жүйелерінің аспаптары (GPS)



9.3-сурет. Жердің навигациялық жасанды серіктерінің ғарыштық блогы

Орбита биіктігі ЖНЖС-нің айналу кезеңі жұлдызды тәуліктің жартысына тең болатындай етіп іріктеліп алынған. Осының әсерінен жұлдызды тәулікте бір рет әрбір ЖНЖС жер бетінің бірдей нүктесінен өтеді. Әрбір орбитадағы жер серіктері 1,5 сағат аралығында жүреді және экваторды 22,50 солтүстік бойлық бойынша жылжып, қиып өтеді. ЖНЖС-нің мұндай қозғалу құрылымы әрбір жер серігін тәулігіне 1 рет жүйенің бақылау-өлшеу пунктінен оның жұмысын қадағалауға мүмкіндік береді.

Белгілі бір жерді анықтаудың қажетті дәлдігіне сигналдарды бір мезгілде кем дегенде 4 ЖНЖС-ден қабылдау кезінде жетеді. Сондықтан шоқжұлдыздағы жерсерігінің саны кем дегенде 24 болуы қажет. Сонымен қатар белгілі бір жерді анықтау

дәлдігіне ЖНЖС-нің орналасу геометриясы да әсер етеді. Олар барлық аспан сферасы бойынша біртекті орналасуы тиіс. Ол үшін жер серіктерінің жазықтықтары бір-біріне қатысты бірнеше орбиталарда біртекті орналасады.

Осы кезде жаңа жүйелерде нүкте координаталарын анықтау дәлдігін күрт жоғарылатуға, сондай-ақ навигациялық мәселелердің бүкіл кешенін нақты уақыт аралығында шешуге мүмкіндік туады. Бұл ЖНЖС деректерін тұтынушылар санының едәуір өсуіне алып келді. Навигациядан бөлек координаталарды анықтау дәлдігін жоғарылату, жер серігінің технологияларын геодезияда, геодинамикада, топографияда, жерді алыстан зондтауда, геоакпараттық технологияларда, т.б. пайдалануға мүмкіндік береді.

9.2. Жерсеріктік радионавигациялық жүйе координаталарын анықтаудың принциптері

Қазіргі кезде Ресейдің ГЛОНАСС және АҚШ-тың жалпы GPS деп аталып кеткен NAVSTAR жерсеріктік навигациялық жүйелері ғарыш кеңістігінде қызметтерін атқаруда. Координаттарды анықтау принципі екі жүйеде де бірдей. Жерде орналасқан пункттің орнын сол нысаннан ЖНЖС-

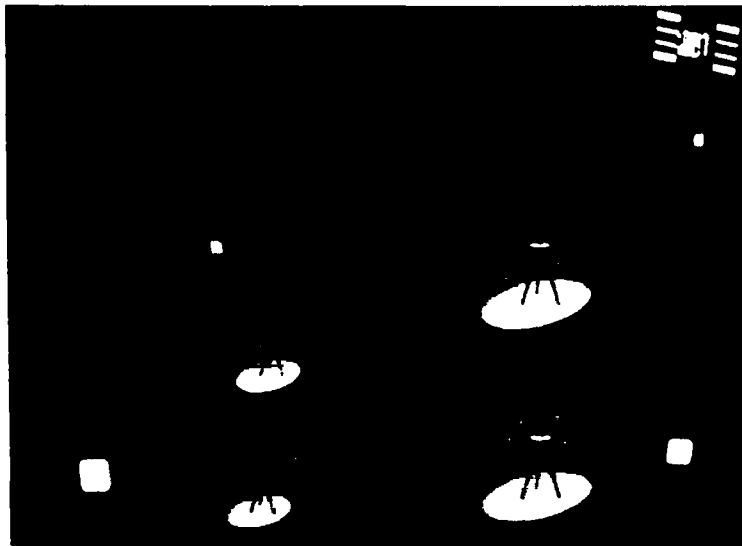
9-ТАРАУ. Ғарыштық бағдар жүйелерінің аспаптары (GPS)

ке дейінгі өлшенген арақашықтық бойынша есептеп шығарады. Бірден нысанның орналасқан орнын анықтау үшін өлшемнің төрт серікке дейінгі арақашықтықтың шешімі болу керек. Төртінші серікке дейінгі арақашықтықтың өлшемін білу үшін техниканың күшіне жүгіну қажет (9.4-сурет).

ЖРНЖ-тың негізіне ғарыштық дальнометр қойылған. Бірнеше ғарыштық серіктердің позициясын сол өлшемнің алыстығына қатысты нүктенің координатасын анықтайды. Мұндай жағдайда ЖЖС-і тірек (координаталары жоғары дәлдікпен анықталғаны) пункттерінің ролін атқарады.

ЖРНЖ-тың жұмыс істеу тәртібі төрт сатыдан (ЖЖС-нің триангуляциясын құру, ЖЖС-не дейінгі қашықтықты өлшеу, абсолюттік нақты уақытты өлшеу, ЖЖС-нің орнын анықтау) тұрады.

Бірінші сатыда ЖЖС триангуляциялайды да, GPS қабылдағыштары радиотолқындарының өту уақытын пайдаланып қашықтықтарды өлшейді. Мәселен, өзіміздің тұрған жерімізді үш ЖЖС-нен қалай анықтауға болатынын қарастырайық. Ол үшін бірінші ЖЖС-нен қашықтық өлшейміз, оның 18 000 км тең екенін көреміз. Сонда сфера бетіндегі 18 000 км арақашықтықта мүмкін болатын нысандар осы радиусқа тең болады.



9.4-сурет. Кеңістік триангуляциялары

9-ТАРАУ. Ғарыштық бағдар жүйелерінің аспаптары (GPS)

Содан кейін екінші ЖЖС-не дейінгі қашықтықтың 19000 км-ге тең екенін анықтаймыз. Демек біздің тұрған жеріміз, яғни нысан тек бірінші сферада ғана емес, сонымен қатар екінші ЖЖС-нен 19000 км қашықтықтағы сферада да орналасқанын көрсетеді, яғни біздің тұрған орнымыз осы екі сфера қиылысқан жерде орналасқан. Егер үшінші ЖЖС-не дейінгі қашықтықты өлшесек, онда ол нысан ЖЖС-не дейін 20000 км қашықтықта орналасқаны белгілі болады, онда қашықтығы 20000 км сфера алғашқы екі сфераның қиылысуы көмегімен тұрған жеріміздің координатасын анықтаймыз.

Үш ЖЖС-ке дейінгі қашықтықты өлшеу біздің екі нүктемен мүмкін орналасқан жерімізді қысқартады. Алынған екі нүктенің қайсысында тұрғанымызды шешу үшін төртінші ЖЖС-ке дейінгі қашықтықты өлшеу қажет. Алайда көптеген жағдайда екі нүктенің біреуі сенімсіз болып шығады (Жерден тым алыс орналасуы немесе тым өте үлкен жылдамдықпен қозғалуы мүмкін және оны өлшеусіз жіберуге де болады. GPS – қабылдағыштар компьютеріне бірнеше алгоритмдер енгізілген, соның көмегімен дұрыс емес нүктеден дұрыс нүктені ажыратуға болады.

Осылай ЖРНЖ-тың негізіне тірек нүкте ретінде ғарыштық серіктерді қолдана отырып, триангуляция әді-

сімен жер бетіндегі объектінің орналасқан орнын есептеп шығару енгізілген. Жүйеде қалғандары – техникалық анықтамалар, серіктердің қашықтығын анықтау процесін оңайлатады және олардың жоғарғы дәлдігін максималды жеңіл орындауға мүмкіндік береді.

Кез келген нысанның үш координаталарын (бойлық, ендік және теңіз деңгейінен биіктік) анықтаудан басқа GPS:

- нысанның үш жылдамдығын құраушыларды анықтайды;
- 0,1 сек-тан кем емес дәлдікпен нақты уақытты анықтайды;
- нысанның нақты жолдық бұрышын есептейді;
- көмекші аспаптарды қабылдау және өңдеуді қамтамасыз етеді.

Сонымен, жерсеріктік навигациялық жүйе – құрлық пен теңіздегі, Жер бетіне жақын және ғарышта орналасқан нысандардың орындарын (координаталарын), қозғалу параметрлерін тәуліктің кез келген уақытында анықтауға мүмкіндік жасайды.

9.3. Жасанды серікке дейінгі қашықтықты өлшеу

Екінші саты – навигациялық серікке дейінгі қашықтықты өлшеу. ЖЖС-нен GPS – қабылдағышқа дейінгі қашықтық радиосигналдың өту уақытын өлшеу жолымен анық-

талады. Бұл үшін уақытты дәл өлшейтін таймер қажет. Мәселен, сағат 15-те сигнал жібердік дейік. Бұл радиосигнал ғарыштан нысанға жеткенде біз сигналдың екі түрін – біреуін қабылдағыштан, ал екіншісін ЖЖС-нен естиміз. Сигнал ЖЖС-нен аз да болса кешігіңкіреп келеді, себебі ол әжептәуір қашықтықта орналасқан. Осы алынған аралық уақытты сәуленің таралу жылдамдығына көбейтсек, ЖЖС-ке дейінгі арақашықтық анықталады, яғни GPS жүйесі радиосигналдың берілу уақытының көмегімен серіктен қабылдағыш антеннасына дейінгі қашықтық және өлшенген уақытпен сигналдың жүрген жолын (қашықтығын) есептейді.

Жерсеріктік позициялау кезінде ЖЖС мен қабылдағыш арасындағы арақашықтық басты анықталатын параметр болып есептеледі. Бірнеше жер серігіне дейінгі арақашықтықты бір мезгілде анықтау, кеңістіктік сызықты қиылыстыру әдісі мен бақылау пунктінің координаталарын есептеуге мүмкіндік береді. Бұл координаталар, өз кезегінде, бір мезгілде жұмыс істейтін жерсеріктік қабылдағыштар орнатылған пункттер арасындағы координаталар айырымын, базистік сызық ұзындығын, азимуттық бағытты, сондай-ақ бірқатар басқа да көмекші параметрлерді анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін. Мы-

салы, қабылдағышты жылжымалы нысанға орнату кезінде, оның қозғалу жылдамдығы мен бағыты да анықталды.

Үшінші саты – абсолюттік нақты уақытты өлшеу. ЖЖС-де дәлдігі өте жоғары атомдық сағаттар қондырылған, сол себептен де олар уақытты үлкен дәлдікпен Өлшем уақытының негізіне уақыт мезеттің фиксациясы, серіктен сигнал берілгенде және мезетінде, қабылдағыштың антеннасына келіп түскен сигнал да енеді. Содан кейін алынған мәнді 300 000 км/с жылдамдыққа көбейтеміз, серікке дейінгі қашықтықты аламыз. Солай жарық жылдамдығы өте үлкен болғандықтан, наносекундтық дәлдіктен 0,000000001 секундқа шейін есептей алатын атомдық сағатты қолданамыз. Уақытты өлшегенде сигналдың серіктен шыққандағы дәл сол мезетін біліп, осылай олардың біруақытта бірдей код көрсету үшін қабылдағыш пен серік аппаратурасын синхрондаймыз. Осыдан кейін код қабылданса, тура сондай кодтың қабылдағышта белгіленгенін анықтап білу керек. Осы уақыт мезеттерінің айырмашылығы сигналдың серіктен қабылдағышқа берілуін анықтаймыз.

Осы кодтаудың мүмкіншілігі өлшеуді кез келген уақытта жүргізуге болады. Уақыт аралығын дәл сол мезетте өлшеу қажет емес.

9-ТАРАУ. Ғарыштық бағдар жүйелерінің аспаптары (GPS)

Төртінші саты – ЖЖС-нің орындарын анықтап отыру. Барлық GPS қабылдағыштары аспандағы әрбір ЖЖС-ін секунд сайын бақылап отырады, ол серіктерді табу күнтізбесі (календарь) бағдарламасына сай жүргізіледі. Мәселен АҚШ Қорғаныс министрлігі ЖЖС-нің кеңістіктегі орны мен жылдамдығын тұрақты бақылап отырады.

ЖЖС орнын анықтағанда қателіктер де кетеді. Олардың негізгісі – 30-100 м аралығындағы «шектеулі рұқсат етілген» қателік. Келесі қателік, ЖЖС-нің дәл геометриялық орналаспауы және ионосфера мен атмосферада сигналдардың кешігуі. Бұл жағдайда қателіктердің әсерін азайту және жиналған деректердің дәлдігін арттыру үшін дифференциялық коррекция әдісі қолданылады. Дифференциялық коррекция әдісін пайдалана отырып нысана орнын сантиметрлік дәлдікпен анықтайды. Бұл әдісте қабылдағыш координаталары белгілі базалық стансада тұрады, ал екінші қабылдағыш бір нүктеден екіншіге жылжып отырады. Базалық қабылдағыштық координаталары белгілі болғандықтан, ол ЖЖС-нің координаталарын анықтап, оны жылжымалы қабылдағышқа жібереді. Осы анықталған деректі дифференциялық коррекция деп атайды.

GPS жүйесінде ғарыш аппараттары мен қабылдағыштары күрделі сандық кодтарды келесі тәртіппен жүргізеді.

Кодтардың күрделілігі салыстыруды жеңілдетеді әрі салыстыру кезіндегі біркелкілікті жоюға көмектеседі. Бұл кодтар соншалықты күрделі, сырт көзге импульстердің ұзын тізбегі ретінде көрінеді. Олар өздері әрбір миллисекунд сайын біркелкілікті нақты таңдауды айқындайды.

Сонымен, ЖРНЖ-тың функциясына мыналар кіреді:

- серікке дейінгі қашықтық радиосигналдың серіктен GPS қабылдағыш антеннасына берілу уақытын өлшеу арқылы анықталады;

- ғарыш аппараттары мен қабылдағыштар бірдей кездейсоқ кодтарды дәл уақыт мезетінде көрсетеді;

- сигналдың серікке берілу уақыты қабылданған кодтың кідіруінен және сондай кодтың қабылдағышта да құралғанын анықтайды.

9.4. Позициялаудың дифференциалдық әдісі

Ғарыштық геодезиядағы орынды анықтау немес позициялау шешілетін есептерге байланысты абсолютті және салыстырмалы (дифференциалдық) әдістер арқылы жүзеге асырылады. Абсолюттық әдісте жеке жұмыс істейтін бір жерсеріктік қабылдағышты пайдалану негізінде шешіледі, ал дифференциалдық өлшеуде орындары анықталатын жерлерде (екі немесе одан көп) бір мезгілде жұмыс

істейтін қабылдағыштар пайдаланылады. Бұл екі әдістің басты ерекшеліктері — дәлдіктерінің едәуір айырмашылығында. Координаталарды анықтаудың абсолюттік әдісінің потенциалды дәлдігін анықтау мақсатында осы әдіске тиісті жеке қателік көздерінің әсерін қарастырылдық. Мұнда навигациялық деректер құрамындағы радиоарна бойынша берілетін эфемеридтері метрлік дәлдік деңгейінде.

Қандай да бір жер серігі сағаттарының түзетілуі белгілі бір нақты қателікпен жүзеге асырылады. Атмосфера мен ионосфера әсерлері координаталарды анықтау дәлдігіне елеулі әсерін тигізеді. Алайда екі жиіліктік қабылдағыштарды пайдаланған кезде аталған әсерлерді едәуір азайтуға болады.

Координаталарды анықтау дәлдігін жоғарылату мәселесі жерсеріктік өлшеудің дифференциалдық әдісті қолдану есебінен едәуір тиімді түрде шешіледі. Оған тән ерекшелік — қабылдағыш көмегімен тіркелетін мәндерге дифференциалдық коррекция жасауы. Осындай әдісті кодана отырып позициялауды (орналасу орнын анықтау) сантиметрге дейінгі дәлдікпен анықтайды.

Позициялаудың дифференциалдық әдісінде, қабылдағыш координаталары белгілі пунктте тұрады, яғни базалық стансада, ал екінші

қабылдағыш (ровер) бір нүктеден екіншісіне жылжып отырады. Мұндағы базалық стансаның координаталары белгілі болғандықтан, ол ЖЖС-нің координаталарын анықтайды және оларды жылжымалы қабылдағыштарға жібереді. Осылайша дифференциалдық әдіспен позициялау жүргізіледі.

Сөйтіп бұл әдіс дифференциалдық жерсеріктік өлшемдердің кеңінен таралуын қамтамасыз етті. Ол жылжымайтын және жылжитын объектілердің координаталарын анықтауда табысты қолданылуда. Оның өңдеуден өткен соңғы нәтижелері тек нақты уақыт масштабынан алынады. Абсолюттік әдіспен салыстырғанда дифференциалдық дәлдіктің деңгейі 100 еседен артық жоғарылатылады.

Осы себепті көптеген геодезиялық есептеудің шешімі дифференциалдық әдіспен жүргізіледі. Ал қандай да бір белгісіз шамаларды абсолюттік анықтау тек көмекші функцияларды ғана орындайды.

Осыны ескере отырып, дифференциалдық әдісті қолданғанда базистік сызықтың ұзындығын, сонымен қатар бір миллиондық деңгейдегі екі пункттер арасындағы координаталар айырымын жер серігі эфемеридтерінің мәнін анықтаудың арнайы шараларына қабылдауға сүйенбей алу мүмкіндігі ұсынылады. Дифференциалдық әдісті пайдалану, аралық нәтижелерге атмо-

сфераның әсерін тез азайтуға мүмкіндік береді. Өйткені, бұл жағдайда радиосигналдардың атмосфера арқылы өткен кездегі кідірісінің абсолюттік мәндерін емес, тек осы кідірістер айырымын ғана ескеру қажет. Олар салыстырмалы аз станция үрдісінде салыстырмалы кіші мәндермен сипатталады.

ҒД-да бір сантиметрге дейінгі дәлдікпен бар объекттердің координаталарын анықтауға толық мүмкіншілік бар. Мұндай дәл өлшеуде жылжымайтын қабылдағышта GPS мәліметтерін жинауға тек 15 мин уақыт беріледі, тірек нүктелерінің дәл координаталарын білсек, компьютер нәтижелерін өңдеуге арналған арнайы бағдарламалық құралдар кешені қолданылады. Геодезиялық GPS түсірістері үшін жаңа кинематиялық жүйелер жоғары дәрежеде автоматтандырылған. Инженер-геодезистке аныкталатын әрбір нүктеге жақындап, батырманы басу ғана жеткілікті. GPS-қабылдағыш таңдалған нүктелерді дәл сол кезде тіркеп алады.

Жоғарғы дәлдіктің эффектісі координаталары алдын ала белгілі нысандарды қабылдағышқа қосымша енгізу болып табылады. Жылжымайтын базалы нүкте жұмыс істей отырып барлық қателіктерді ескеруге мүмкіндік береді. Базалы станса түзетулерді барлық GPS қабыл-

дағыштарға жібере алады, ал олар позициялау шешімдеріне түзетулерді енгізеді.

Бұл идеяны қолдануының мүмкіндігі ЖЖС мен қабылдағыштар бір-бірінен аз арақашықтықта болады, бір қабылдағышта өлшеудің қателері болса, жақын орналасқан қабылдағыштарда қайталаңады. GPS сигналдарының оңайлылығының арқасында, ЖЖС бүйір сағаттары, қабылдағыштың ішкі сағаттары ЖЖС орбиталарының жылжуын, ионосфера және атмосферада сигналдың тоқтауын дер кезінде тіркейді және жүйенің барлық қателерін түзетуге мүмкіндік береді.

9.5. GPS-қабылдағыштары

9.5.1. Жерден бақылау және тұтынушы блоктары

Жер бетіндегі бақылау блогы орбита параметрлерінің өзгерістерін анықтауға, ЖЖС жоғары дәлдікті бақылауға және алынған ақпараттарды өңдеу мен оларды серікке жіберуге арналған. Бұл блок стационарлы пункттер торынан және ЖЖС іздеу аппараттарымен жабдықталған.

GPS басқару блогы төрт жер беті мониторинг станциясынан тұрады, олар жер шарының әр түрлі бөлігінде орналасқан. ГЛОНАСС орбиталды кешенін қадағалап отыратын Бас

Орталығы Мәскеу облысының Голицино қаласында орналасқан. Қалған мониторингті станциялар жерсеріктен радиосигналдарды қабылдап, солар бойынша әрбір серіктің орбиталды моделін құрастырады. Осы модельдер бойынша серіктің борттық сағатының коэффициенттеріне түзетпе енгізеді және орбитаның (эфмеридтер) дәл параметрлерін есептейді. Алынған мәліметтер басты бақылау станциясына жіберіледі, ал олар тәулігіне бір рет сағаттың коэффициентіне түзетпені және эфмеридтерді жіберіп отырады.

Тұтынушы блок жер беті тұтынушыларымен қоса ғарыштық аппараттарды қабылдау қасиетіне ие.

Ғарыштан келген радиосигналдар, ғарыштық радиопередатчиктің фазалы центрінен қабылдағыштың фазалы центріне дейінгі арақашықтықты анықтауға арналған. Осы арақашықтықты анықтау үшін ғарыштан қабылдағышқа берілген радиосигналдың уақытын есептейді. Вакуумде радиосәулеленудің таралу жылдамдығы мен радиосигналдың берілу уақытын біле отырып қабылдағыштан ғарышқа дейінгі арақашықтықты есептеп шығарады. Қабылдағыштың фазалы центрінің координатын кеңістікті сызықты засечка түрімен ғарыштағы белгілі координатаның көмегімен анықтайды.

Осылайша қолданбалы блок көптеген халықтық және әскери қабыл-

дағыштан тұрады. Олар ғарыштық радиосигналдарды кеңістіктік координаталар мен дәл уақыттағы сигналдарға өзгертеді.

Қабылдағыштың орналасқан жерінің төрт координатын (X, Y, Z, Time) алу үшін кем дегенде төрт серіктен радиосигнал қабылдау қажет.

Қабылдағыш навигациялық радиосигналдарды қабылдау кезінде радиотехникалық әдістерді қолдана отырып, көрінетін серікке дейін қашықтығын және оның жылжу жылдамдығын анықтайды. Біруақытта қабылдағыштағы әрбір навигациялық радиосигналдың уақыты мен сандық ақпаратын автоматты түрде өңдеу жүзеге асады.

Геоцентрмен байланысқан декарттық координата жүйесі мен уақыттық шкала жүйесі үшін сандық ақпарат берілген серіктің кеңістіктегі орны мен уақытын (эфмеридтер) анықтайды. Сонымен қатар сандық ақпарат басқа да серіктер жүйесі (альманах) түрінде орбитаның кеплерлік элементтерін және басқа да параметрлерін суреттейді. Өлшеудің нәтижелері және қабылданған сандық ақпарат қозғалыс параметрлері мен координаттарды анықтаудағы навигациялық есептерінің шешімінің соңғы берілгендері болып табылады.

Навигациялық есептер қабылдағыштың автоматты есептеуіш құрылғысында шешіледі, соның негізін-

де төртбұрыштардың белгілі әдісі де қолданылады. Есептің шешімінің нәтижесінде тұтынушының орналасқан жерінің үш координатасы анықталады; қозғалыс жылдамдығы және бүкіләлемдік координирленген уақыттық (UTC) жоғары дәлдікті шкаласы тұтынушының уақыттық шкаласына байланысты жүзеге асады.

Тұтынушының көзқарасы жағынан қарағанда бұл құрылым өте ыңғайлы болып келеді. Ол үшін тұтынушының жалпы жөнінде шамалы білімі болса жеткілікті, ал оның басты назары қабылдаушы аппараттың жұмысына аударылу керек.

Барлық ғарыштық навигациялық жүйелер (ҒНЖ) ең басты негізгі принцип бойынша құралған, яғни тұтынушы жер шарының кез келген уақыт мезетінде тұрып, ғарыштық қабылдағыштың тұрған жерінің координатын анықтауға мүмкіндік туады.

Жер серігінің геодезиялық аспаптарын көптеген компаниялар шығарады. Қазақстанда бұл аспаптарды кеңінен ұсынып отырған барлық әлемге танымал, GPS жүйелерін жасап шығарушы фирмаларға Trimble (АҚШ), Leica Geosystem (Швейцария), жапондық Topcon Positioning System, т.с. компаниялар жатады. Бұл компаниялар NAVSTAR Жер серігінің сигналдары бойынша жұмыс істейтін бір жиілікті

(L1) және екі жиілікті (L1+L2) қабылдағыштарын Қазақстанға ұсыну-да. Соңғы кездері Trimble, Leica Geosystem және Topcon фирмалары ГЛОНАСС және NAVSTAR сигналдары бойынша жұмыс істейтін жер серігінің геодезиялық аспаптарын жасап шығаруда. Сонымен қатар бұл аспаптарды GALILEO жүйелерінің сигналдарын қабылдауға бейімдеуде.

GPS (Global Position System) геодезиялық негіздерді құрудағы ең тиімді аспап болып табылады. GPS көмегімен орындалған геодезиялық өлшеулер дәлдігі, әмбебаптығы, жылдамдығы және үнемділігі, тиімділігімен кеңінен тарады. Бұл жұмыстардың орындау әдісінің классикалық геодезиялық өлшеулерден айырмашылығы бар. GPS өлшеуде арнайы ережелерді сақтаған кезде тиімді нәтижелерді алуға болады. GPS қабылдағыштарының ең басты ерекшеліктерінің бірі – ауа райының кез келген жағдайларында өлшеу жұмыстарын орындайды. Оптикалық аспаптардың кемшіліктерінің бірі – рейка/белгі/шағылдыру құралына дейінгі тікелей көрініс болмағанда жұмысқа жарамсыздығы GPS үшін ондай қиыншылықтар туындамады. Қабылдағыштармен оншақты шақырым аралықта өлшеулер жүргізе беруге болады. Қазіргі қабылдағыштар

1-2 батырмамен басқарылып жұмыс істеле береді, сондықтан оператордың арнайы дайындығының қажеті жоқ. Осы орайда экономикалық үнемділік артып, жеке персоналдардың саны төмендейді (GPS қабылдағыштары бір оператормен жұмыс орындайды).

GPS қабылдағыштармен бірге болатын программалардың көмегімен, өлшеу нәтижелерін өңдеп, алынған геодезиялық жүйелерді теңестіруге және пункт координаталарын келесі тахеометриялық түсірістерге есептеуге болады. GPS көмегімен геодезиялық жұмысты жүргізген сіздің еңбек өнімділігіңіз жоғарылайды. Нүкте координатасын анықтау кезінде басқа жалпы қолданылатын геодезиялық аспаптарға қарағанда GPS-пен сантиметрлік дәлдік деңгейін аласыз. GPS-пен геодезиялық жұмысты тәулік бойы істеуге болады, сонымен қатар нүктелер арасы көрінбеген жағдайда да жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

GPS — әскери және азаматтық пайдаланушылармен қолданылатын және басқарылатын кез келген нүкте орнын анықтайтын жерсеріктік навигациялық жүйе. Әрбір жер серігі ерекше сәйкестендіру коды бар радиосигналдар жібереді. Жер серігі бортындағы жоғарғы дәлдікті атом сағаттары, сигналдар мен кодтардың генерациясын басқарады.

GPS қабылдағышы бар кез келген тұтынушы GPS сигналдарын пайдалана алады. Алғашқы кездері

GPS қабылдағыштары, негізінен, орналасу орны және навигацияны анықтау үшін қолданылады. Қазір GPS қабылдағыштары жер, аспан және теңіздегі әр түрлі тапсырмаларды шеше алады. Әрбір жер серігі екі ерекше кодты — ең жай C/A және дәл P кодтарды жібереді:

GPS қабылдағыштары бір және екі жиілікті болып бөлінеді. Бір жиілікті қабылдағыштары L1 толқынын, ал екінші жиілікті L1 және L2 толқындарын қабылдайды.

Қазіргі таңда АҚШ GPS-ті жаңаландырып көпшілікке пайдалану мақсатында L2 жиілігіндегі жаңа L2C (Similar to CA Code on L1) кодын, сонымен қатар жаңа үшінші L5 жиілігін ұсынды.

9.5.2. GPS қабылдағыштары және олардың сипаттамалары

GPS қабылдағыштары — позициялау мақсатымен ЖЖС сигналдарын қабылдайтын электрондық қондырғылар. Жерсеріктік қабылдағыштардың жұмыс жасау тәртібінің басты топтастыру белгілері абсолютті немесе қатынасты (дифференциалды) позиционерлеу әдістері болып табылады. Бұл тәсілдер навигациялық (статикалық және кинематикалық) әдістеме шеңберінде, баяу кинематика («stop — go» режимі), статикалық және жылдам статика, сонымен қатар реокупация түрінде іске асырылуы мүмкін.

Навигациялық режим GPS қабылдағыштардың барлық түрінен тұрады. Ол абсолюттік режимді іске асырудан негіз болып қалыптасты.

Мұнда орналасқан орынды анықтау дәлдігі 20-300 м-ге дейінгі аралықта өзгереді. Позиционирлеу (орын анықтау) бір ретті немесе қандай бір тасымалдағышта орнатылған қабылдағыш қозғалыс үрдісі кезінде дискреттілігі 5-30 с болатын бөлек анықталатын бірнеше ретті болуы мүмкін. Осы режимді қолдану кезінде қабылдағыш дисплейінде және оның тексергішінде контроллер қабылдағыштың кеңістікте қалай орналасқандығы жайындағы мәліметтер үздіксіз көрініп тұрады, атап айтқанда оның орын ауыстыру жылдамдығы және қозғалыс азимуты. Әдеттегідей керекті нүкте координатын енгізуге болады, мұндай жағдайда қабылдағыш аспап сол нүктеге дейінгі арақашықтықты және оның бағыт-бағдарын көрсетіп береді. Оператор сапар желісіндегі (маршрут) керекті сипаттамалық нүктені ерекшелеп, белгілеп, оның координаттарын аспап жадына енгізуге мүмкіндігі бар.

Егер кинематикалық әдістемені дифференциалдық тәсіл («Шок-жұлдызы» ЖЖС арқылы синхронды пеленгацияны орындайтын екі қабылдағыш аспап болған жағдайда) шеңберінде іске асырса, онда кинематикалық «continuous» (жал-

ғасы) деп аталатын түсірісті орындауға болады. Орындаушы адам тоқтаусыз орын ауыстырғанда, ал қабылдағыш аспап белгілі бір уақыт аралығында (бірнеше секунд), яғни 10-20 м-ден аспайтын қателігі тұрақсыз координаттарды анықтайды.

«Stop-go» тәсілі – қозғалысты жалғастырмастан бұрын әрбір пикеттік нүктелерде қысқа уақытты аялдмалардың қажеттілігін алдын ала ескереді. Бұл тәсіл 0,5-1,5 м дәлдікті қамтамасыз етеді. Нақтылы белгіленген жағдайларда далалық бақылаулар мен өңдеу жұмыстары уақыт бойынша ажыратылған.

Алайда қозғалмалы қабылдағыштан базалық аспапқа мәліметтерді бере алатын бірікпе (встроенный) радиомодемдері бар қабылдағыш модельдері де бар, яғни нәтижелердің өңдеу жұмыстарын түсіріс барысында-ақ орындауға мүмкіндік береді. Осындай нұсқаны кинематикалық «real time» (RTK – нақты уақыт) деп атайды.

Статика тәсілі де позиционирлеудің дифференциалды әдісіне негізделіп жасалған. Оның шеңберінде екі не одан да көп пункттерден синхронды бақылаулар жүргізу 60-80 мин. (сантиметрлік дәлдік алу үшін) аралығында атқарылады, ал ерекше жағдайларда есеп алу үшін ұзақтығы 5-7 сағ-қа (қателік 2 есе азаяды) дейін жетеді. Әрине, анықталатын

пункт пен тірек торларының үстіне антенналарды центрлеуді және анағұрлым сыйымды сандық ақпарат жинақтағышын қолдануды, сонымен қатар нәтижелерді өңдеуге арналған арнайы бағдарламалық топтамаларды қосқанда осыншама уақыт кетеді.

Әр түрлі статика режимінің бірі – жылдам статика (fast statik) болып табылады. Синхронды бақылаулардың уақыты 5-10 мин. (хордалық векторды дециметрлік дәлдікпен анықтауда қамтамасыз етеді) шектелгенде осы түрі пайдаланылады. Сонымен қатар реокупация кезінде де, яғни синхрондық бақылаулардың үздіксіздігі тек қана базалық станцияда сақталса, ал жылжымалы станцияда (тұрақ) берілген уақыт аралығында жер серігінен радиосигналдарды қабылдауда үзіліс орын алатын шеңберде орындалады. Мұндай бақылау сериясын өңдеу кезінде көп қиындықтар туындайды, оны орындау үшін арнайы бағдарламалық қамтамасыздандыру кешені керек.

Көрсетілген дәлдік сипаттамаларының айырымы біршама жуықтап алынған, өйткені әрбір нақтылы жағдайда едәуір маңызды рольді қабылдайтын аппарат түрі (мысалы, екі жиілікті, екі жүйелі 40 каналды кодтықабылдағыштар бір жиілікті бір жүйелі 5 каналды кодсыз қабылдағыштарға қарағанда айтарлықтай жақсы нәтижелер береді) ала-

ды, сонымен қатар бақылау сеансы кезіндегі геометриялық факторлардың мағыналарын рұқсат етілген және тиімді қамтамасыз ететін бақылау сеансын жобалау сапасы жоғары орынға ие.

Ең жақсы жерсеріктік анықтаулар абсолюттік режимде координаттарды анықтауда 15 м аралықта, ал қатынасты режимде 1,5-3 мм-ге дейінгі дәлдікті қамтамасыз етеді.

Жерсеріктік навигациялық жүйелер аспаптарын бірқатар компаниялар шығарады. Қазақстанда бұл аспаптарды кеңінен ұсынып отырған барлық әлемге танымал, GPS-жүйелерін жасап шығарушы фирмаларға Trimble (США), Leica Geosystem (Швейцария), жапондық Topcon Positioning System, т.б. жатады. Бұл компаниялар ГЛОНАСС және NAVSTAR Жер серігінің сигналдары бойынша жұмыс істейтін жерсеріктік аспаптарды жасап шығаруда.

Жерсеріктік қабылдағыш аппараттардың спектрі ағымдағы кезеңде өте үлкен әрі анағұрлым кең. 200-ден астам өндіруші – фирмалар, әсіресе шетелдік фирмалар әрдайым өздерінің өнімдері мен бұйымдарының номенклатурасын кеңейтіп отырады. Және де осымен қатар олардың сәйкесті бағалары да бірнеше ондаған доллардан бірнеше мыңдаған АҚШ долларына дейін өзгеріп тұрады. Енді отандық геодезия мен маркшейдерлік

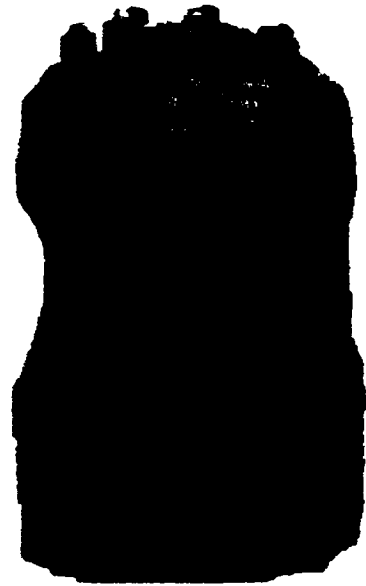
істе күнделікті іс-тәжірибеде жиі қолданыс тапқан қабылдағыш аспап түрлерінің қысқаша жазба мәліметтерін келтіреміз.

*Trimble Navigation (АҚШ)
фирмасының қабылдағыш
аспаптары*

Trimble TS 5700 GPS қабылдағышы. TTS 5700 – модульды екі жиілікті 24 каналды GPS және WAAS/EGNOS жүйесі, нақты уақыт аралығындағы дәл геодезиялық жұмыстарды орындауға арналған. Жоғарғы өлшеу дәлдігімен, сенімділігімен, қолайлылығымен және жеңіл, аз энергия тұтынуымен (2,5 Вт) ерекшеленеді. TTS 5700 қабылдағышы екі жиілікті құрал-жабдықтар класында ең танымал. Қабылдағыш екі Li-Ion аккумуляторлық батареялардан электр энергиясын тұтынады. Оның жұмыс істеу қабілеті шамамен 10 сағатты құрайды. Сыртқы қабы толығымен герметизацияландырылған және сыртқы әсерлерден сақтандырылған, сондықтан оны күрделі климаттық жағдайларда қолдануға болады (9.5-сурет).

Базалық қабылдағыш қосымша сыртқы аккумуляторлық 12В батареясымен қамтамасыз етілген. Қабылдағыштың басқару батырмалары және жарық диодты индикаторлар алдыңғы панельге орнатылып, кейбір жағдайларда кинематикалық түсіріс-

терді контроллер қолданбай жүргізуге мүмкіндік береді.



9.5-сурет. *Trimble TS 5700 GPS
қабылдағышы*

Қабылдағыш жиынтығында екі GPS антеннасы қолданылады: базалық қабылдағышқа жоғарғы дәлдікті Zephyr Geodetic антеннасы және жылжымалы қабылдағышқа Zephyr антеннасы бар. Олар фазалық орталықтың тұрақтылығы және әлсіз жерсеріктік сигналдарға сезімталдығымен сипатталады. Trimble Stealth технологиясы өлшеу нәтижелеріне әсер ететін кедергілерді төмендетеді. Осы антенналарды қолдану барысында анықталатын координаталар метрлік дәлдікпен есептеп шығаруға мүмкіндік береді.

eRTK жаңа технологиясының басты ерекшелігі – TTS-5700 аспабы соңғы жасалған сымсыз құрал-жабдықтар коммуникациясы саласына негізделіп, ұялы телефондар жүйесімен және радиомодемдермен жұмыс істеуге бейімделген.

eRTK технологиясы бірнеше базалық станцияларды бір мезгілде қолдануға мүкіндік береді, ал «Virtual; reference Station» функциясы 3750 км-ден астам алаңдағы жұмысты қажетті дәлдікте қамтамасыз етеді.

«Кинематика алдын ала өңдеу» режимінде немесе RTK жұмыс істеу үшін үш түрлі Recon (тек қана PP Static & Kinematic), TSC2 немесе ACU (PP & RTK) контроллерлермен жұмыс істеуге болады.

Trimble 5700 GPS қабылдағышынан деректерді шығару немесе енгізу үшін арнайы Trimble Geomatics Office, Trimble Total Control немесе Terramodel программалары қолданылады.

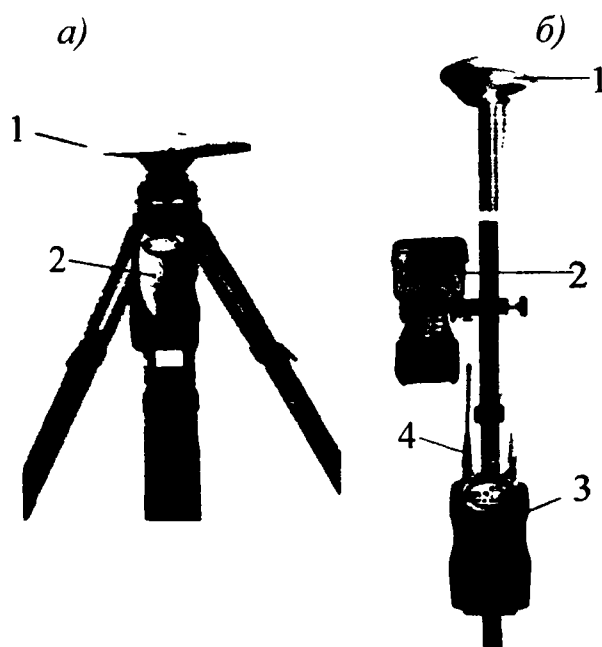
Стандартты Trimble Total Station 5700 жүйесінің жинағына TSC2 контроллер (Survey Controller программасы орыс тілінде), GPS антеннасы, Trimble Geomatics Office™ программасы және барлық қажетті кабельдер, құрал-жабдықтар кіреді.

Trimble Total Station 5700 қабылдағышы барлық кең ауқымды геодезиялық түсірістерге, оның топографиялық, геофизикалық қималарды

бөлу, жер бөлу, геодезиялық тораптарды толықтыру, т.с.с. жұмыстарда қолданылады.

GNSS жүйесінің Trimble R7 – бұл бір қорапта жинақталған көп каналды, көп жиілікті GNSS қабылдағышы мен қысқа толқынды (УКВ) радиомодем (9.6-сурет).

Trimble – Track технологиясы – бұл ғаламдық жерсеріктік навигациялық жүйесінің жаңа буыны (GNSS).



9.6-сурет. Trimble R7 GNSS жүйесінің технологиясы:

- а) Базалық станция: 1 – антенна;
2 – қабылдағыш.
- ә) Далалық ровер: 1 – антенна;
2 – контроллер; 3 – қабылдағыш;
4 – радиоимодем антеннасы

Trimble R7 GNSS қабылдағышында жаңартылған RTK процесорлы Trimble R-Track технологиясы қолданылады. Ол модернизациялан-

TTS 5700 техникалық сипаттамасы

Каналдар саны	24 жиілігі L1 и L2 (код, фаза), WAAS/EGNOS
Деректерді жазу	128 M6 Compact Flash жады картасы
5 және одан жоғары жер серігіндегі өлшеу дәлдігі (өңдеуден кейін)	
Статика, пландағы	5 мм + 0,5 x 106 D
Биіктік бойынша	5 мм + 2 x 105 D
DGPS режимі	
пландағы	0.25 мм + 1 x 105 D
биіктік бойынша	0.50 мм + 2 x 105 D

ған GPS-тің L2C және L5 және де ГЛОНАСС жүйесінің сигналдарын қабылдайды.

GNSS жүйесіндегі Trimble R7 Integrated Surveying технологиясын қамтыған. Trimble Survey Controller программалары GNSS технологиясының файлдарымен тахеометр деректерін біріктіріп, Trimble Business Center программасына өңдеу үшін дайындайды.

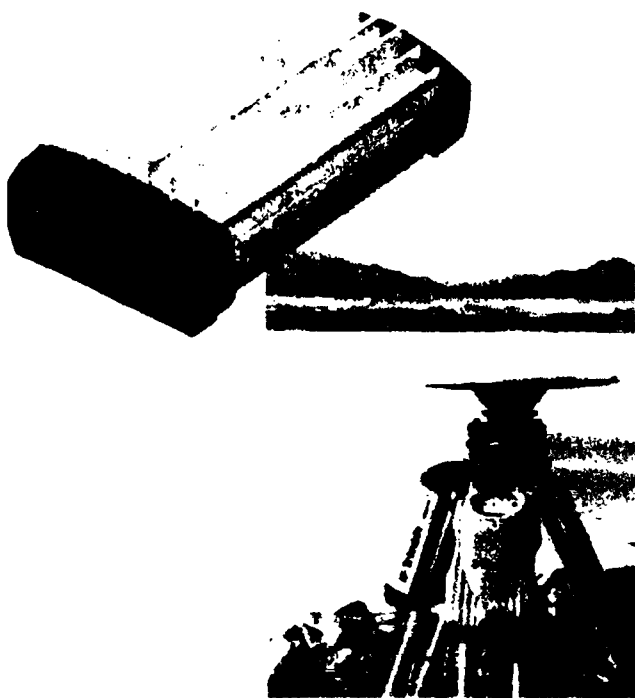
Trimble Zephyr Geodetic 2 антенны база ретінде қолдану кезінде сигналдардың жан-жақтан шағылысуын төмендетіп, өлшеу нәтижелерінің дәлдігін арттырады.

Trimble Zephyr 2 антеннасымен Trimble R7 GNSS жылжымалы қабылдағышы ретінде қолданылады. Сонымен қатар Trimble R7 GNSS аспабы Trimble TSC2 контроллерімен сымсыз қосылуына байланысты Bluetooth модулімен жабдықталған.

Trimmark 3 Trimble радиомодемі

Trimmark 3 радиомодемі (9.7-сурет) GPS құрал-жабдықтарымен бірге қолдану үшін жасалған. Аспап әр түрлі климаттық және ауа райы жағдайына бейімделіп жасалған. Жоғарғы дәлдіктегі GPS түсірістерді орындау кезінде радиомодем дифференциалды түзетулерді береді. Trimmark 3 шығаратын үш қуат режимі бар: 2, 10 және 25 Вт. Жоғарғы қуатты режимде (25 Вт) жұмыс істеу кезінде деректер радиоканал бойынша 15 км-ге дейін қашықтықта таратылады (ауа райының қолайлы жағдайында).

Trimmark 3 радиомодемі – базалық, роверлі модем, ол ретранслятор ретінде жұмыс істейді. Ретранслятор 5-8 км аралығында жұмыс істейді. TRIMMARK 3 жұмыс істеу кезінде деректерді тарату немесе қабылдауда Trimble 4700, 4800 немесе 5700 GPS қабылдағыштарымен жұмыс істей



9.7-сурет. 5700 сериялы GPS қабылдағышы мен радиомодем

береді. Сонымен қатар ішкі радиомодем роверлік қабылдағыш ретінде пайдаланылады. TRIMMARK 3 толығымен TRIMMARK IIe радиомодеммен қатар жұмыс істей береді. Сол сияқты ол WinFlash программасының көмегімен оңай реттеледі. Аспап далада Trimble Survey Controller программасының қамтылған контроллер көмегімен тез жұмыс бабына келтіріледі немесе радиомодемде орнатылған бақылау (контрольды) панелімен орындалады.

Қабылдағыштың басқару батырмалары және жарық диодты индикаторлар алдыңғы панельге орнатылып, кейбір жағдайларда кинематикалық

түсірістерді контроллер колданбай жүргізуге мүмкіндік береді. Қабылдағыш жиынтығында екі GPS антеннасы қолданылады: базалық қабылдағышқа жоғарғы дәлдікті Zephyr Geodetic антеннасы және жылжымалы қабылдағышқа Zephyr антеннасы бар. Trimble технологиясы өлшеу нәтижелеріне әсер ететін кедергілерді төмендетеді. Осы антенналарды қолдану барысында анықталатын координаталар м-лік дәлдікпен есептеп шығаруға мүмкіндік береді.

Trimble аспаптарының барлық түрін қамтамсыз ететін деректерді жинағыш TSCe контроллерінің көлемі кіші, қолға ұстап жүруге де, штативке орнастыруға да қолайлы (9.8-сурет).



9.8-сурет. Trimble R7 GNSS жүйесінің технологиясы

GNSS жүйесінің Trimble R7 – бұл бір қорапта жинақталған көп каналды, көп жиілікті GNSS қабылдағышы мен қысқа толқынды (УКВ) радиомодем. Trimble-Track технологиясы – бұл ғаламдық жерсеріктік навигациялық жүйесінің жаңа буыны (GNSS).

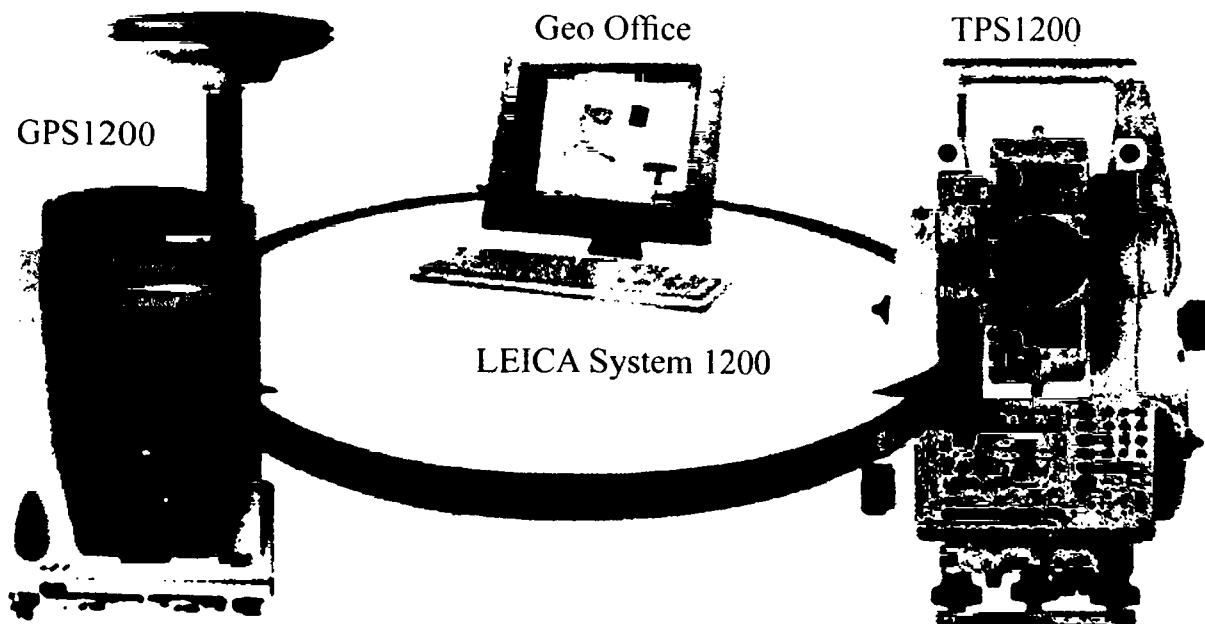
Кейінгі кездері қабылдағыштардың көлемі кішірейіп, бағасы да арзандауда, болашақта телефон сияқты жаңа «тұрмыстық аспапқа» айналуы мүмкін.

Ал Trimble Survey Controller программалары GNSS технологиясының файлдарымен тахеометр деректерін біріктіріп, Trimble Business Center программасына өңдеу үшін дайындайды.

Leica GPS1200 Leica Geosystem (Швейцария) фирмасының аспаптары

Leica GPS1200 – жаңа перцизиондық GPS процессорының, RTK режиміндегі мәндердің бірдей болмауын тез шешудің жаңа алгоритмдерінің бар болуы, ал қоршаған орта әсерінен сақтаудың әскери стандарттарына сай болуы – бұл GPS жабдықтарын кез келген жағдайда әртүрлі геодезиялық жұмыстарды орындауға мүмкіндік туғызады (9.9-сурет).

Программалық қамтамасыз етілуі: жұмысқа дайындау, мәліметтерді беру, орындаған жұмыстарды график



9.9-сурет. *LEICA GPS1200*
сериясының кешені

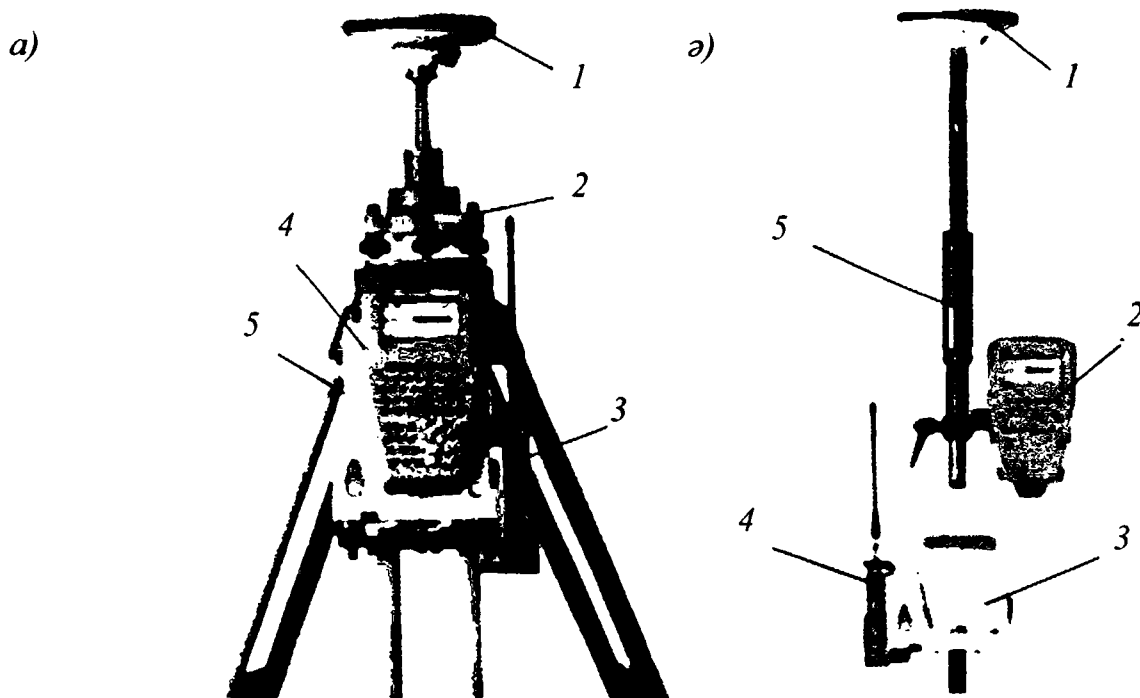
түрінде бейнелеу, түсіріс тораптарын теңдестіру, координаталарды әр түрлі жүйеге көшіру, нәтижелерді түрлі жүйеге, мысалы, ГАЗ-ға шығару.

GPS технология SmartTrack – GPS1200 қабылдағыштарының SmartTrack технологиялық процессоры бір секундтың ішінде көрініп тұрған жер серіктерінен сигнал ала алады. Сонымен қатар, жер серіктерінің биіктіктері ең кіші бұрыштарымен бақылауға, басқа жер серіктер қабылдағыштары жұмыс істей алмайтын жағдайларда, мысалы ағаштың түбінде немесе жарық сәулелері көп жағдайда өлшеуге мүмкіндік береді. Әлбетте

бұл GPS өлшеулерінің өнімділігіне кепілдік береді.

SmartTrack – технологиялық антенна пішіні кіші болса да, SmartTrack технологиялық жаңа антенна дәлдігі жоғары сигналдары алуды қамтамасыз етеді (9.10-сурет).

Тахеометрдің ішіндегі мәліметтердің толықтығын мониторинг жүргізу жүйесі тексеріп отырады. GPS1200 тахеометріндегі SmartTrack антеннасы (9.11-сурет) көптеген GPS жүйелері үшін жоғарғы дәлдікті нәтижелер алуға мүмкіндік береді. Антенна ылғалдан қорғалған, жеңіл және сенімді.



9.10-сурет. а) Штативке орнатылған базалық станция:

1 – антенна; 2 – трегер; 3 – радиомодем; 4 – контроллер;

5 – қабылдағыш (GPS1230); ә) Қадаға орнатылған далалық ровер: 1 – антенна;

2 – контроллер; 3 – қабылдағыш; 4 – радиомодем; 5 – қада



9.11-сурет. SmartTrack технологиялық антеннасы

SmartCheck – 30 км RTK режимі қабылдағыш. RTK режимінде өлшеулер (нақты уақыттағы кинематика) бұрынғыға қарағанда ең жылдам, дәл және сенімділігін көрсетті. SmartTrack

технологияларымен алынған Smart-Check өлшеулерді 1 см дәлдікпен өңдейді. 30 км-ге дейінгі және одан да жоғары сызықтарды 20 Гц жиілікпен өлшеуге болады. Өлшеулер бірнеше секундта жүргізіледі. Түсірістер қолданылмаған RTK режимінде ағаштардың түбінде де жүргізіле береді. Тахеометрдің ішіндегі мәліметтердің толықтығын мониторинг жүргізу жүйесінен алынған барлық нәтижелерден тексеріп отырады. GRX1 Pro-GPS мәліметтерін өңдеу мен сақтаудың ең жоғарғы дәрежеде автоматтандырылған бағдарлама пакеті болып саналады (9.4-кесте).

9.4-кесте

GPS1200 қабылдағыштары

GX1230	GX1220	GX1210	GRX1200 Pro
Әмбебап қабылдағыш барлық типтерге арналған	Деректерді жазу	Деректерді жазу	CORS қабылдағышы базалық станция ретінде жұмыс істейді
12 L1 + 12 L2	12 L1 + 12 L2	12 L1	Жазу, RTK & DGPS
Деректерді жазу	Опция: DGPS	Опция: DGPS	Компьютерлік желі арқылы жазу
RTK және DGPS толығымен қамту			
Мобильді немесе базалық станция ретінде қолданылады			

9.5.2.3. *Topcon Positioning System* (Жапондық) қабылдағыштары

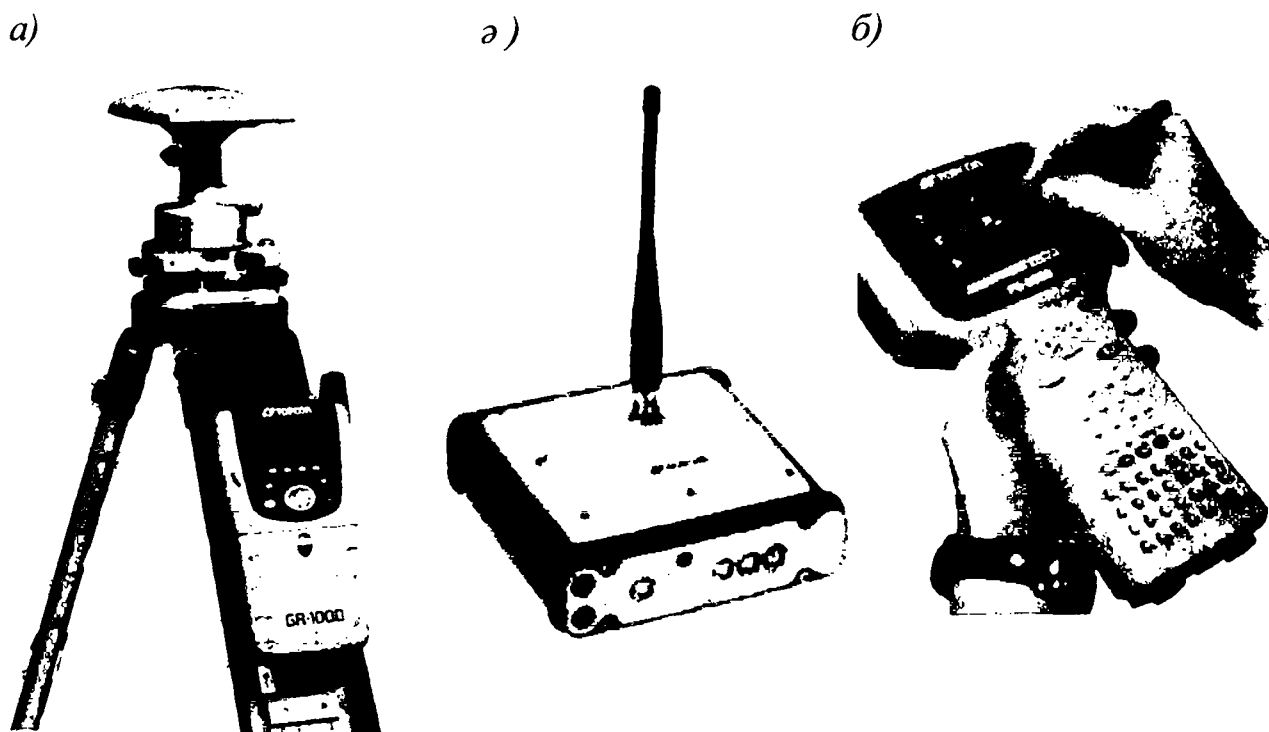
Topcon GB-1000 қабылдағышы. Модульді TOPCON технологиясы бойынша орындалған 40 каналды 1 және 2 жиілікті (L1, L2) және (Glonass/Navstar) жиынтығының қабылдағышы (9.12, а-сурет).

Жоғарғы дәлдікті және тез өлшеулерге арналған Topcon фирмасының геодезиялық HiPer сериялы 40 каналды GPS қабылдағышы (9.12, ә-сурет), сипаттамасы 9.5-кестеде келтірілген.

Бұл аспаптар ішкі радиомодем және антеннамен кешенді түрде жинақталады. Статикалық түсіріске бір жиілікті қабылдағыш қолданып, оны екі жиілікті жүйеге толықтыруға, сонымен қатар сыртқы модеммен RTK режиміндегі түсіріске пайдалануға болады.

Мұндағы сымсыз Bluetooth интерфейсі далалық жұмыс кезінде қолдануға өте тиімді.

TOPCON компаниясы жылдамдығы 400 МГц процессор негізінде жасалған, жаңа далалық FC-2000 контроллер-жинағышын (9.12, б-сурет) жасап іске қосты.



9.12-сурет. а – Штативке орнатылған Topcon GB-1000 қабылдағышы;
ә – Topcon HiPer қабылдағышы; б – FC-2000 контроллері

HiPer қабылдағышының техникалық сипаттамасы

Модель	HiPer+ L1	HiPer+	Hiper XT
Спутниктік каналдар			
Қабылдағыш түрі	40 каналды GPS + қабылдағыш		
Саны (стандартты)	40 GPS L1 (20 GPS L1 + L2 Cindirella)		
Саны (опционалды)	GD (20 GPS L1 + L2) GG (20 GPS L1 + ГЛОНАСС), GGD (20 GPS L1 + L2 + ГЛОНАСС)		
Іздейтін сигналы	GPS/ГЛОНАСС L1+L2 C/A код және тасушы		
Өлшеу режимі	Статика, Жылдам статика, Кинематика ПП, RTK		
GPS антенна	GPS/ГЛОНАСС		
Дәлдік сипаттамасы			
9.4-кестенің жалғасы			
Статика (план)	3 мм + 0,5 мм/км (L1+L2) 5 мм+1.5 мм/км (L1)		
Статика (биіктік)	5 мм + 0,5 мм/км (L1+L2) 10 мм + 1,5 мм (L1)		
Кинематика (план)	10 мм + 1 мм/км (L1 + L2)		
Кинематика (биіктік)	15 мм + 1,5 мм/км (L1 + L2)		
Жер серіктерін ұстау уақыты			
Салқын кезде қосу	< 60 с		
Жылы старт	< 10 с		
Белгілі нүктеде	< 1 с		
Интерфейс және байланыс			
Интерфейстік порт-тар, RS-232	2 (жылдамдығы 460 800 бод дейін)	4 (жылдамдығы 460 800 бод дейін)	
Жады және деректерді жазу			
Ішкі жады	До 128Мб дейін (1Гб тапсырыс бойынша)		
Деректерді жазу жиілігі	Секундына 20 рет (20Гц)		

Басқару			
Пайдаланушының интерфейсі	3-индикатор		4-индикатор
Басқару	3-батырма		
Сырттан басқару	FC-100, FC-2000 контроллерлері немесе басқа жасаушылардан		
Радио			
Радиомодем	Жок	Rx (400 – 470МГц)	Rx/Tx (915МГц)
Радиомодем күші	-		2 Вт дейін
GSM и CDMA модем	Жок	GSM (HiPer + GSM) конфигура- циясында	GSM

TopSURV программасы TOPCON жерсеріктік қабылдағыштары мен электрондық тахеометрлерінің барлық түрінде қамтылған.

Бүгінде GPS құралдарын қолдану саласы өте кең және басқа да техникалық жабдықтармен үйлесу мүмкіндіктері негізінде бұрынғы шешілмей жатқан мәселелерді шешуде жаңа сапалы мәліметтер алуға мүмкіндік беретін ақпараттық-өлшеу және өңдеу жүйелері құрылуда.

ГЛОНАСС режимі. Бұл режим өлшеу жылдамдығын, сенімділігін және нәтижелерінің дәлдігін жоғарылатады.

FC-2000 Контроллер

FC-2000 TOPCON – компаниясының жаңа далалық контроллер-жинағышы. FC-2000 жоғарғы жыл-

дамдықтағы Intel PXA255 X-Scale 400 МГц процессор негізінде жасалған. TopSURV программасы TOPCON жерсеріктік қабылдағыштары мен электрондық тахеометрлерінің барлық түрінде қамтылған.

TopSURV модулі:

- Total Station – дәстүрлі тахеометрлері;
- Robotics – роботталған тахеометрлер;
- GPS+ – GPS/ГЛОНАСС қабылдағыштары;
- mmGPS – mmGPS технологиясы;
- roading – жол жұмыстары;
- түрлі-түсті контрасты экран;
- жоғарғы жылдамдықты микро-процессор 400 МГц;
- толықтырылған клавиатура;
- Bluetooth™;

- ауыспалы жады картасы Compact Flash;
- 2 COM порт және USB;
- ауыспалы Li-Ion батарея (Handy-cam).

9.6. GPS қабылдағыштарын қолдану салалары

9.6.1. GPS қабылдағыштарын геодинамикалық мәселерді шешуде қолдану

Соңғы жылдары жер бетінде күшті, кейбір жерлерде аппатты геодинамикалық жағдайлардың тіркелгендері белгілі. Бұл жағдайлар жерсілкіністер, тау жыныстары мен жер қабаты жарылымдарының қозғалысы, жер бетінің шөгуі сияқты түрде көрініс береді. Әсіресе, мұндай құбылыстар мұнай-газ және тау-кен өндіріс орындары күшті дамыған аймақтардағы геологиялық ортаның геодинамикалық тәртібінің бұзылуынан болады.

1990 жылдары геодинамика мәселелерін шешу үшін халықаралық GPS қызметі (IGS) құрылған болатын. IGS қызметіне ғаламдық тіректік геодезиялық торапқа кіретін пункттердегі үздіксіз жерсеріктік бақылауды ұйымдастыру жауапкершілігі жүктелген. Мұндай мониторинг, қарастырылып жатқан пункттерді см-лік және мм-лік дәлділікте жылжуын

бақылауға арналған. Бұл құрылыстар мен ашық мұхитта орналасқан жеке аралдардың пайда болуы нәтижесінде әрқашан жаңарып тұратын қозғалыс картасын жасауға мүмкіндік береді.

Мұндай ақпарат – жердегі референцтік нүктенің нақты орнын анықтауда және жер кыртысында жүріп жатқан процестердің тектоникалық белсенділігін зерттеу кезінде үлкен қызығушылық танытады. Мұндай зерттеулерді жүргізу процесінде зерттелетін аймақтағы «тұрақты» тірек нүктелерін теңестіру қажеттілігіне байланысты маңызды қиындық пайда болды. Онда тірек нүктелерге қатысты айқындалған жылжулар тіркеп жазылады. Бұл проблема – жеке зерттеулер нысаны болды.

Жер қабатының қазіргі заманға сай қозғалысы заңдылығын зерттеу үшін Қазақстан Республикасының оңтүстік және шығыс өңірлерінде геодинамикалық полигондарда жыл сайын жоғары дәлдікті геодинамикалық өлшемдер жүргізіле бастады. Жер сілкінуіне икемділікті ескере отырып, республикамыздың барлық аумағы бойынша батыс және орталық өңірлерде геодинамикалық полигондар (ГДП) құру қажеттігі туып, оларда жоғары дәлдікті геодезиялық өлшеулер жүргізілді.

Сондай жұмыстардың бірі – 2001-2005 жылдар аралығында «Теңіз» мұнай-газ кенорны территориясы

жер қабатының қазіргі заманға сай қозғалысын анықтау үшін ҚазҰТУ жүргізген геодинамикалық мониторинг. «Теңіз» геодинамикалық полигонындағы мониторинг GPS жерсеріктерін пайдалану арқылы жүргізілді (9.13-сурет).



9.13-сурет. «Теңіз» геодинамикалық полигонының схемасы

«Теңіз» геодинамикалық полигоны 100 реперден (пункттер), оның 5-і сейсмологиялық, 5-і жарық қашықтық өлшеушілік және 10 ТИМ-нен тұратын

жеті негізгі профилдік сызықтарды құрайды. ГДП-дағы бақылаулар жылына екі рет (көктемгі және күзгі мезгілдерде) және сейсмологтардың болжаулары бойынша қосымша өлшеулер де жүргізіліп отырылды. Төмендегі 9.14-суретте 2003 ж. жер беті шөгуінің нәтижелері келтірілген және олар:

– біріншіден, жер қабаты деформациялық процесінің үздіксіздігін және оның уақыт пен кеңістікте біркелкі еместігін (шөгулер оң және кері таңбалы) дәлелдейді;

– екіншіден деформациялардың ең үлкен жылдамдықтары тектоникалық жарылымдарымен ұштасатындығына көз жеткізеді.

– тектоникалық жарылым.

2001-2004 жж. GPS аппаратура-лары арқылы жүргізілген мониторинг нәтижесінде жер бетінің шөгуін техногендік және сейсмотектоникалық құрастыруларға бөлу әдістемесі байқаудан өтіп, «Теңізшевройл» өндіріс орнында іске асты.

Мұндай жеке геодинамикалық полигондағы зерттеулер бүкіл жер шары шеңберінде жер қыртысының қазіргі замандағы жылжуын зерттеуге мүмкіндік ашады. Ол «статистикалық» геодезиядан «динамикалыққа» өтуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, мұндай жұмыстар зерттелетін аумақ өлшемін әрі қарай шектеу ірі инженерлік ғимараттар



9.14-сурет. «Теңіз» ГДП реперлерінің шөгү графигі

құрылатын және пайдаланылатын жердегі, оның аймақтарындағы, ірі қалалардың жер бетінің деформациясын зерттеуге алып келді.

Қалалардағы жер бетінің қауіпті деформациясын бақылау маңыздылығы ең алдымен, адамның геодезиялық құрылымға қарқынды әсер етуіне байланысты әр түрлі бұзылулардың артуынан туындаған.

Бұған жер қойнауын игеру, жерасты суының деңгейін өзгерту, көлік ағындарының әсерінен болатын вибрациялардың артуы жатады. Қалалар мен жеке өнеркәсіп объектілеріндегі әр түрлі бұзылулардың алдын алу мақсатында мамандандырылған геодинамикалық тораптар құрыла бастады. Олардың пункттерінде максималды түрде жетілген дәлділік деңгейдегі жүйелі жерсеріктік бақылау ұйымдастырылады.

Мұндай тораптарда өлшеулер жүргізілген кезде тек мүмкіндігі жоғары

өлшеу дәлдігін қамтамасыз ету ғана емес, нақты жылжу мәнін тектоникалық және техногендік құраушыларға қажеттілігі туады. Бұл мәселерді шешу үшін де арнайы мониторингтік зерттеулер ұйымдастырылуы қажет.

Қорыта келгенде, жерсеріктік әдістерді пайдалану жоғары дәлдікпен пункт координаталарын жедел алуға және жер қыртысында жүріп жатқан динамикалық процестерді толық зерттеуге мүмкіндік береді.

GPS технологияны геодезияда пайдалану

Республиканың көптеген экономика, қорғаныс салаларында жергілікті жер туралы ақпарат маңызды құрамдас бөлік болып табылады, осыған байланысты сапалы геодезиялық және картографиялық өнімдерге, қызметке сұраныстың ұлғаюы байқалады. Бұл

салада да GPS қолдану шеңбері орасан зор.

Қазіргі уақытта спутниктік геодезиялық тораптар құру және республикамыздың экономика, қорғаныс және ұлттық қауіпсіздік салаларындағы міндеттерді шешу кезінде спутниктік технологияларды кеңінен енгізу үшін Қазақстан Республикасының аумағында бірегей мемлекеттік жүйе орнату өзекті болып отыр. Өйткені қолда бар жерүсті геодезиялық әдістер дәлдік, жеделділік, экономикалық тиімділік тұрғысынан ғылым мен тәжірибенің талаптарына, атап айтқанда қорғаныс, навигация, геодинамикалық үдерістерді зерттеуді геодезиялық қамтамасыз ету кезінде туындайтын талаптарға сай келмейді.

Бұдан басқа қолда бар әдістер қазіргі заманға сай жұмыс істейтін спутниктік навигациялық жүйелер – ГЛОНАСС (Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйе Ресей Федерациясы) және NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System – ғаламдық спутниктік навигациялық жүйе АҚШ) координаттар жүйесіне бірден өтуді қамтамасыз ете алмайды. Навигациялық жүйелер беретін координаттардың бастауы Жердің ортасында болғандықтан, жергілікті геодезиялық негізге байланған нүктелер координаты мен бастауы Жер орта-

сына сай келетін геодезиялық негізге байланған нүкте арасындағы айырмашылықты ескерген жөн.

Ресей Федерациясында, Өзбекстан Республикасында, Беларусь Республикасында және Әзірбайжан Республикасында әлемдік спутниктік желіге қосылған ұлттық геодезиялық желілері жасалған. Сондықтан республикамыздың индустриялық-инновациялық дамуы үшін өзекті бағыттардың бірі Қазақстан Республикасының аумағында спутниктік геодезиялық желі салу және бірыңғай мемлекеттік координаттар жүйесін орнату болып табылады.

Бұл бағыт үлкен капитал салымын, ғылыми-әдістемелік құжаттаманы әзірлеуді, ғылыми-техникалық және өндірістік іс-шаралар дайындауды және мамандар оқытуды қажет етеді.

Жалпы алғанда геодезия және маркшейдерия саласында оң алғышарттар жасалды, сонымен бірге басты шешілмеген проблемаларға мыналарды жатқызуға болады:

1. Спутниктік технологиялардың дамуына және топографиялық-геодезиялық өндірістің автономды спутниктік координаталық анықтау әдісіне көшуге байланысты республикамыздың жаңа координаттар жүйесін жасаудың және дамытудың өзекті мәселесі туындады.

2. Қазақстан Республикасы аумағының топографиялық және карто-



9.15-сурет. «Геокен орталығы» геодезиялық жұмыс атқаруда

графиялық қамтамасыз етілу жағдайы алаңдаушылық туғызады, карталардың жаңартылмағандығына 10-20 жыл болған.

3. Қазақстанның сейсmobелсенді аумақтары мен каспий маңы өңірлері жоғары дәлдікті геодезиялық өлшемдермен толық қамтылмаған.

4. Жас мамандар ағымының жоқтығы, мамандарды даярлау және қайта даярлаудың сапасы қазіргі заманның техникалық және технологиялық талаптарына сай келмейді.

Іргелі геодезиялық тораптарды техникалық жабдықтау ЖЖС арқылы бақылауға негізделген.

Жиілетілген тораптар топографиялық түсірістерді қамтамасыз ету үшін қолданылады, ал оларды жерсеріктік және қарапайым геометриялық әдістермен біріктіріп жасау арқылы құрады.

Мінеки, осындай жұмыстарды атқарып жатқан мекеменің бірі – Қазақстандағы «Ғылыми-өндірістік ГЕО-КЕН орталығы» (9.15-сурет).

Бұл мекеме көп жылдан бері қысы-жазы топографиялық, геодезиялық және картографиялық жұмыстарды Каспий және Арал теңіздері жағалауында, Қызыл құм, Алатау мен Алтай таулары төңірегінде, Торғай, Жамбыл облыстарында, сонымен қатар Қазақстанның тау-кен өндіріс кешендері орналасқан қалалар мен ауылды жерлерде жүргізіп келеді.

Ұзындығы әр түрлі тораптардағы жерсеріктік координаттық анықтаудың жоғары дәлдіктегі өлшеулерін, алуан түрлі физика-географиялық жағдайларда жүргізуге, жерсеріктік әдістерді қолданбалы геодезияның ауқымды мәселелерін шешу кезінде тиімді пайдалануда.

Жерсеріктік әдістерді жоғарыда аталған жұмыс түрлерінде пайдалану ерекшелігі тек маркіленген нүкте координаталарын жедел түрде жоғары дәлдікте анықтаумен бірге, белгіленген бағыттарды анықтау әдістерін жасаудан тұрады. Бұл кезде өлшеуді көбінесе жер серігінен келіп түсетін радиосигналдарды, құрылатын объектілердің әр түрлі конструкциясымен жеке экрандау жағдайларында жүргізуге тура келеді. Аталған ерекшеліктер – өзіне теодолиттер, тахеометрлер, нивелирлер және лазерлі жүйелер сияқты дәстүрлі геодезиялық құрал-жабдықтарын жерсеріктік қабылдау аппаратурасы

біріктіріп, геодезиялық өлшеудің жерсеріктік әдістерінің үйлесімділігінің мақсатқа сай екендігін дәлелдейді.

Туннельдерді жерсеріктік әдістерді қолданып салуға қатысты, соңғы әдіс кіріс порталдары арасындағы барлық алаңды жауып тұратын және сәйкес кластағы тіректік тораптармен байланыс орнатушы, жергілікті жоғары дәлдіктегі геодезиялық тораптарды құру мақсатында пайдаланылады.

Туннельді күрделі рельефтік жағдайларда салу кезінде, жерсеріктік әдістердің артықшылығы жақсы байқалады. Осы жұмыстар қазіргі уақытта жинақталған тәжірибе – порталдар арасындағы 10 км-ге дейінгі арақашықтықта жерсеріктік әдістердің, дәлділікті шамамен 1 см деңгейде қамтамасыз ететінін дәлелдейді.

Әр түрлі бөгеттерді салу кезінде геодезиялық жұмыстарды тек құрылыс процесінде ғана емес, сонымен қатар үлкен сыртқы қысымда орналасқан конструкция элементтерінде пайда болған деформация мен жылжуды идентификациялау және талдау мақсатында оларды пайдалану кезінде әрі қарай жүргізу қажет.

Алынған акпараттардың жоғары дәлдігі мен дұрыстығына жету үшін жерсеріктік әдістерді көп жағдайда тахеометр мен жоғары дәлдікті нивелирді пайдалануға негізделген жердегі әдістермен біріктіреді.



9.16-сурет. Қазақстанның Каспий теңізіндегі МС гидрографиялық кемесі

Жоғарыда айтылған техникалық құралдар мен әдістерді бірге қолдану қауіпті деформация мен жылжуды дер кезінде жеткілікті әрі сенімді түрде анықтауға мүмкіндік береді.

9.6.3. GPS технологиясын теңіз геодезиясында қолдану

Теңіз геодезиясы – жер бедерінің пішінін және теңіздер мен мұхиттардың гравитациялық өрісін анықтау, теңіздегі табиғи ресурстарды барлау, пайдалану, геодезиялық байланыстыру және картографиялау сияқты геодезияның теңіздегі мәселелерін шешетін саласы.

Теңіздегі геодезиялық жұмыстар GPS технологиясын пайдалануға негізделген, арнайы жүзу құрал-жабдықтарымен, позициялауды өте жоғары дәлділікпен анықтай алатын қабылдағыштармен жабдықталған, терең суда жүзуге арналған, су түбіндегі шұңғымаларды жан-жақты зерттеуге қолайлы кемеде жүргізіледі (9.16-сурет).

Мұндай арнайы, гидрографиялық кеме Қазақстанда тек біреу ғана, ол Каспий теңізінде ғылыми және қолданбалық геодезиялық жұмыстарда пайдаланылуда.

Мұндағы барлық өлшеулер нақты уақыт масштабында орындалады.

Ал алынған нәтижелерді, қажетті мәндерді анықтауға басқа техникалық құралдар қолданылады.

GPS әдістерін, теңіз геодезиясында пайдалану аймақтарына және өлшеудің дәлділік деңгейіне қойылатын талаптарға сай екі шартты топқа бөлуге болады. Бірінші топқа дәлділік деңгейіне қойылатын, дәлдігі бірнеше метрмен ғана шектелген мына талаптар кіреді:

- гавань (айлақ) акваторияларындағы, жағаға жакын судағы және ішкі қоймалардағы тереңдік өлшеу жұмыстары;

- экономикалық дамудың аумақтық аймақтары немесе ғылыми мақсатта теңіз (тереңдігін) түбін картаға түсіру;

- пайдалы қазбаларды игеруде теңіз қазба жұмыстарында қолданылатын қандай да бір суасты тартқыш техникалық құралдардың орындарын анықтау;

- гидрографиялық жұмыстарды орындау;

- дәл гравиметриялық және сейсмикалық суретке түсіру жұмыстарын жүргізу.

Осы міндеттерді шешу үшін кодтық сигналдарды қолдануға негізделген GPS өлшеулердің дифференциалдық әдісі қолданылады. Бұл – жұмыс істеу режиміндегі референцтік станция, әдетте, координаталары белгілі жағадағы нүктеде, ал жылжымалы реперлер жүзу құралының

бортына орналастырылады. Дифференциалды өлшеу режимін іске асыру үшін референцтік станцияда анықталатын түзетулер – радиоарналар бойынша жүзу құралының анықталған орнын жедел түрде есептеу жүргізілетін борттық стансаға береді және онда түзетпелер енгізіледі. Мұндай тәсіл – референцтік және жылжымалы стансадан бақыланатын бірдей жерсеріктеріне жататын ақпараттарды тиімді жинақтауға мүмкіндік береді.

Жерсеріктік технологияның өте жоғары дәлдік деңгейін (қажет) талап ететін теңіз геодезиясында пайдалану аймағын қамтитын, екінші топқа жататындар:

- жағадағы инженерлік жабдыктарға қызмет көрсетуге байланысты жұмыстар;

- мұнай, газ және басқа да пайдалы қазбаларына жұмыстар жүргізу кезінде қолданылатын платформалардың теңіз бетінде орналасқан жағдайын бақылау;

- айлақ (гавань) акваторияларын, өзен сағасы мен су қоймалардың басқа түрлерін тазалау жұмыстарын жүргізуші драгаларды басқару;

- теңіз және мұхит акваторияларындағы геодинамикалық процестерді зерттеу.

Осындай жұмыс түрлерін жоғары дәлдік деңгейінде GPS технологиясын қолдану арқылы жүргізіп жатқан компанияның бірі – «Геокен» ғылыми-

өндірістік орталығының (ҒӨО) Ақтау бөлімшесі. Мәселен, «Геокен» орталығы 2006 жылы Каспий теңізі жағалауында жаңа мемлекеттік геодезиялық торап құрды және жасанды аралдар (Ақтоты, Қайран, Алпамыс және т.б.) мен су нысандарындағы реперлерді позициялады.

Сонымен қатар, теңіздің гидрометеорологиялық режимін, жағаларының түрлерін, теңіз түбі бедерінің өзгеруін және де су объектілерінің ластануын зерттеумен шұғылданды. «Геокен» ҒӨО мамандарының Каспий теңізінің солтүстік-батыс жағында сейсмикалық профильдер бойымен батиметриялық түсірімдер жүргізіп жатқан кезі 9.17-суретте бейнеленген.

Геодезиялық жұмыстар «Trimble», «Topcon Positioning Systems» және «THALES NAVIGATION» фирмаларының екіжиіліктегі GPS қабылдағыштарын, эхолоттарын, гидрографиялық

кешендерін қолдану арқылы жүзеге асады. Алынған картографиялық мәліметтер AutoCad, Microstation, Surfer жүйесінде дайындалады.

Мұндағы геодезиялық жұмыстар «Trimble», «Topcon Positioning Systems» және «THALES NAVIGATION» фирмаларының екіжиіліктегі GPS қабылдағыштарын, эхолоттарын, гидрографиялық кешендерін қолдану арқылы жүзеге асады. Картографиялық мәліметтер AutoCad, Microstation, Surfer жүйесінде дайындалады.

Теңіз геодезиясына тән жұмыстарды орындау кезінде мынадай жайттарды ескеру қажет: мобильдік станция орнатылатын жүзу құралдары теңіз бетінің әр түрлі айналымдары мен тербелістеріне ұшырауы мүмкін. Ол өз кезегінде есептің маркіленген нүкте кеңістігінде мүмкін емес өзгерістерге алып келеді.



9.17-сурет. Батиметриялық түсірім жүргізу

Мұндай өзгерістерді есепке алу үшін жерсеріктік өлшеудің жетілдірілген әдістері қолданылады.

Ол кеменің азимуттық күйін және оның бойлы немесе көлденең тербелістерін анықтауға мүмкіндік береді. Осындай міндеттерді шешу тәсілдерінің бірі – бірнеше шағын арақашықтықтарға тұрғызылған антенналық жүйелері бар жерсеріктік қабылдағыштарды қолдану.

Антенналар үшбұрыш болып орналасады, оның төбесі кеменің алдыңғы бөлігінде, ал негізі орта бөлігінде орналасуы мүмкін.

Осы салада жүргізілген зерттеу жұмыстары мен аталған тәсілдер кеменің күйін шамамен $\pm 1^\circ$ дәлдікте, ал ұзына бойлы және көлденең тербелістерін шамамен ± 0.25 млрд. деңгейінде анықтауға мүмкіндік беретіні дәлелденді.

GPS технологиялары ұшу аппараттарының берілген маршрут бойынша жүруінде тиімді қолданылады. Олардың көмегімен ұшу координаталары мен аэрофототүсіру камера-сының бағытын анықтайды.

Оған позициялауды ондаған метр қателікпен ғана анықтайтын навигациялық кластың GPS қабылдағыштары сәйкес келеді.

Бұл қабылдағыштар автомобильдерде, өзен, теңіз және ауа кемелерінде, ғарыштық аппараттарда және жаяу жүрген кездерде қолданылады. Жер-

серіктік жүйе штурманның (бағыттаушының) міндеттерін атқарады.

Мәселен, маршрут бойынша қозғалысты бастау, ауаға көтеру, автомобильмен жолға шығу алдында экипаж штурманы алдағы маршрутты жете қарастырады.

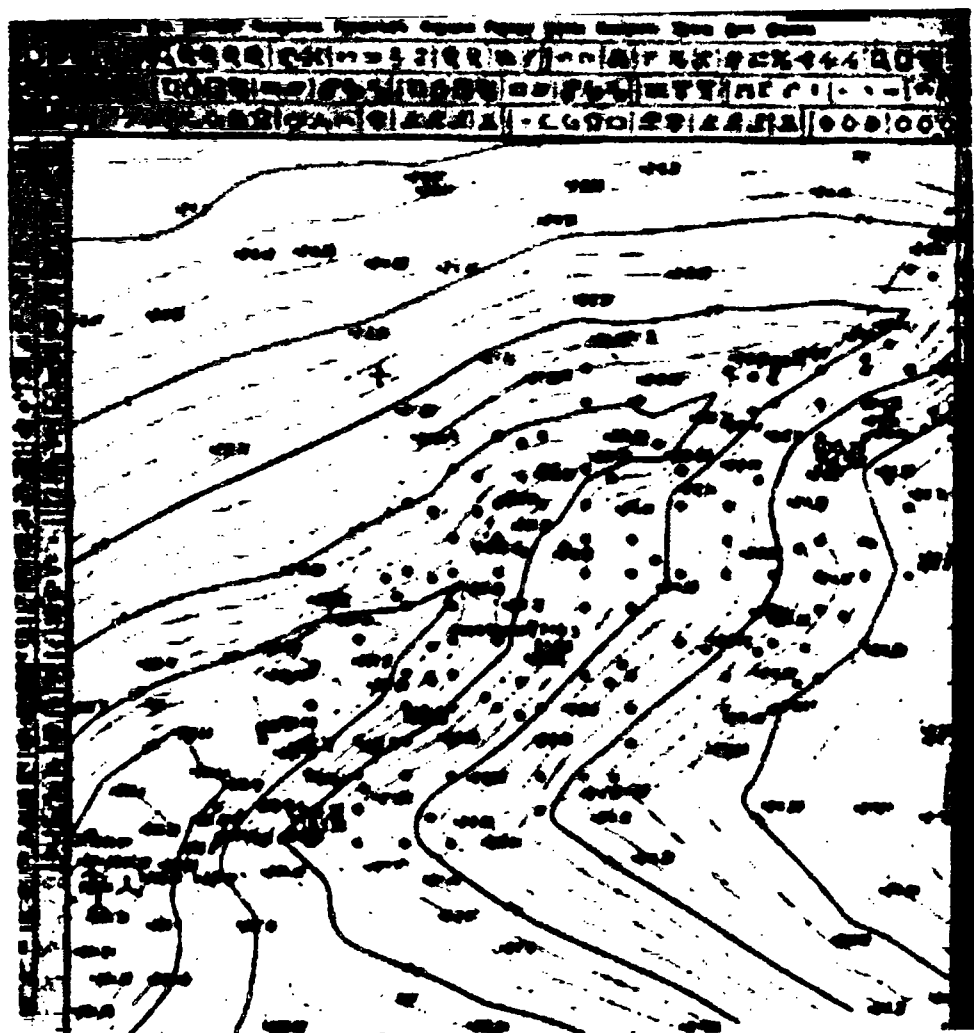
Ол маршрутты картаға түсіріп, қажет жылдамдықты және жолдың әр түрлі бұрылыстары бойынша оның өзгеру графигін тұрғызады, жол ұзақтығын және қайту уақытын, жанармай қорларын есептейді. Сонымен қатар, алдыңғы маршруттың өзі бақылап, түзетіп отыратын ұшу, жүзу және жол жүру процесінің көптеген басқа элементтерін анықтайды.

9.6.4. GPS технологиясын картографияда қолдану

Қазіргі таңда Қазақстан Республикасы аумағының топографиялық қамтамасыз ету жағдайы алаңдаушылық туғызуда, карталардың 80% қазіргі заманғы жергілікті жердің жағдайына және мемлекеттік топонимикаға сай келмейді.

Мемлекеттік топографиялық карталардың жаңартылуға қарағанда «қартаюы» жылдам, бұл өз кезегінде әскери әрекет және төтенше жағдай туындаған аудандарда орны толмас шығындарға соқтыруы мүмкін.

Республикамыздың жергілікті атқарушы органдарындағы жер қаты-



9.18-сурет. Жер бедерінің цифрлы моделі

настары бойынша уәкілетті органдар топографиялық карталардың ескіруіне байланысты дабыл қағуда.

Бюджеттік қаржыландыру ұлғайғаннан бастап республиканың жалпы алаңының 13%-ның аэротүсірілімі орындалды, мемлекеттік геодезиялық желі пункттерінің жалпы санының 1,3%-ы зерттелді, нивелирлеу желісінің жалпы ұзындығының 5%-ы нивелирленді, барлық масштабтық қатардағы мемлекеттік топография-

лық карталардың жалпы парақ санының 10 %-ы жаңартылды.

Ескірген топографиялық карталардың үлкен пайызын ескере отырып жаңа аэроғарыштүсірілімі негізінде мемлекеттік топографиялық карталарды жаңарту қажет етіледі. Барлық қалалар мен елді мекендердің түсірілімдері 1960-1980 жылдары орындалғандықтан, қалалардың ірі масштабты жоспарларын жасаудың өткір қажеттілігі туында-

ды. Сондықтан 2008 жылдан бастап қалалардың ірі масштабты жоспарларын жасау үшін қалаларды сандық түрде жасауға кірістік (9.18-сурет). Агенттік жасап отырған барлық масштабты қатардағы мемлекеттік топографиялық карталарда жергілікті жер туралы максималды толық ақпарат көрсетіледі және республикамыздың түрлі экономика және қорғаныс салаларында қолданылатын түрлі өндірістік материалдар жасау үшін негіз болып табылады.

Сонымен қатар, қалалар мен елді мекендердің ірі ауқымды жоспарларын жасау мәселесі күрделі болып отыр, өйткені осы аумақтардағы қарқынды құрылыстар және өзге де жұмыс түрлеріне байланысты көптеген өзгерістер орын алды. Бүгінде топографиялық-геодезиялық және картографиялық өнімдердің ерекше сипаты бар.

Оның шынайылығы мен нақтылығына жауапты басқарушылық, экономикалық, саяси, әскери, қорғаныс және технологиялық шешімдер қабылдаудың сапасы тәуелді, ол шешімдерге көптеген мәселе, соның ішінде адам өмірі де тәуелді болады. Геодезиялық және картографиялық қызметті жүзеге асыру кезіндегі мемлекеттік маңызы бар міндеттердің бірі мемлекеттік шекараны демаркациялауды геодезиялық және картографиялық қамтамасыз ету, халықаралық және қазақстандық

құқық нормаларына сәйкес, мемлекеттік шекара туралы шартқа қоса берілетін құжаттарды соңғы рәсімдеу болып табылады. Міне, осындай ауқымды жұмыстарды жоғары дәлдікпен жүргізуге мүмкіндік беретін GPS-ке негізделген аспаптар шығаратын компаниялар, фирмалар өз өнімдерін Қазақстанға да енгізді.

Солардың бірі – картографиялық GPS-ке негізделген Trimble фирмасының GeoExplorer жаңа жүйесі. Ол карта жасауға және ГАЗ үшін мәлімет жинауға арналған GPS Pathfinder қабылдағыштар тобының жетілген түрі.

Бір қораптағы қабылдағыш пен антеннаның орналасуы түрлі жалғаулар мен қосымша жинақтаулардан құтылуға мүмкіндік береді.

Қабылдағыш кадастрлық және картографиялық тапсырмаларды шешудегі қажеттіліктерді дәл орындап, координаталар туралы мәліметтерді тез өңдеп сіңіре алады.

GeoExplorer стандартты кешені дифференциалды түзетілген өлшеулерден соң координатты анықтауда 2-4 м дәлдікті қамтамасыз ете алады.

Ал Decimeter Processor бағдарламасын қолданғаннан кейін орын анықтаудың субметрлік дәлдігіне қол жеткізуге болады.

Далалық жағдайдағы жұмыстарда GeoExplorer 1-өлшемді 1 секундта алу жиілігінде 9000 нүктені сақтап, бойына жинай алады.

Осы файлдар келесі өңдеулер үшін компьютер жадына орын ауыстыра алады.

Жүйенің стандартты құрамына Geo-PC атты бағдарламалық кешен кіреді. Ол дифференциалдық түзетулерді орындауға және өлшемдермен ауысулар нәтижелерін ГАЖ-дың деректер қорының форматына алмастыруға мүмкіндік береді. Geo-PC қолданбалы бағдарламалар топтамасында далалық өлшемдерді жобалау, картографиялық материалдарды кез келген масштабта көре алу, координата жүйесінде жұмыс жасау сияқты қызмет түрлері кіреді.

Geo-PC PFINDER кеңейтілген жүйесі GPS мәліметтері арқылы бақыланатын объект туралы ақпарат алуға, қасиеттерін қосуға мүмкіндік береді.

GeoExplorer класындағы жүйенің INMARSAT класындағы портативті жерсеріктік жүйелер байланысымен қосылуы картографиялық ақпараттардың нақты уақыт жүйесінде жаңаруына жағдай жасады. Осы кезде түпнұсқалық шығарылым жасау кезінде туындайтын түрлі өңдеу жұмыстары жоққа шығарылады. Объектінің координаталарын ГАЖ форматына ауыстыру кезіндегі түзетулер деректер қорына түсіп, барлық мәлімет танылып болған соң автоматты өзгертулер объект жобасына енеді.

Garmin GPSMAP 176 қабылдағыштары. Алғашқы кездері GARMIN

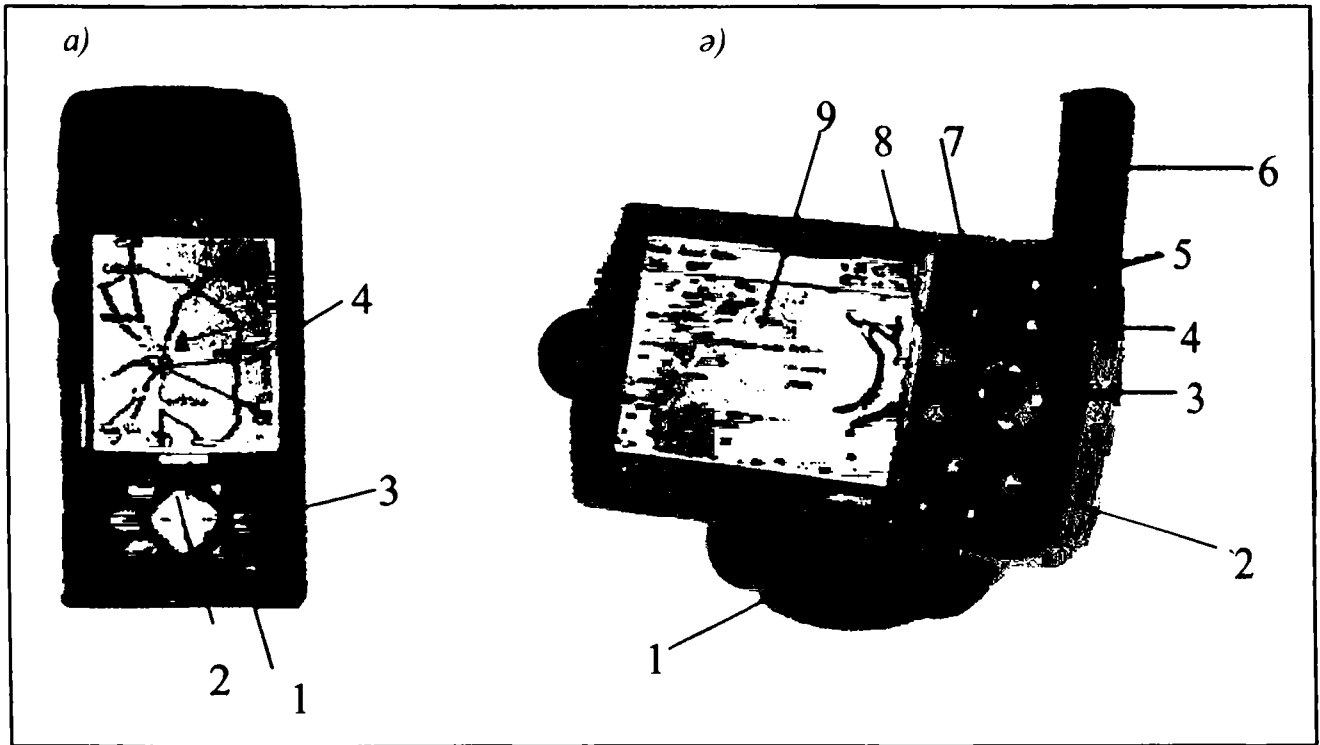
GPSmap 176 қабылдағыштарын теңізге ғана арнап шығарған еді. Бүгінде Garmin GPSMAP 176C навигаторлары үш түрде Америка, Еуропа және Азия үшін енгізілген 10 мильді көлік жолдарының картасымен шығарылуда.

Соңғы кездері бұл аспапқа Қазақстан аумағының картасы енгізіліп, көптеген тұтынушылар кеңінен қолдануда.

Аспаптың ең бір ыңғайлы жағы жаңадан енгізілетін қосымша картографиялық деректер GPS қабылдағышының ішкі жадына емес, ауыстырмалы картриджге жазылады. GPSmap 176 және 176C навигаторлары арқылы 8, 16, 32, 64, 128, 256 МБ немесе одан да жоғары көлемдегі картаны алуға болады.

Бұл жадқа көптеген деректері бар карталарды, аспап стандартында MapSource, теңіз карталары BlueChart, сонымен қатар MapSource MetroGuide және Points of Interest дискілерінен координаталар және қонақ үй, ЖМС (АЗС), асхана, дүкен, т.б. көптеген қажет әрі қызықты деген объектілер деректерін (мекенжай, телефон, т.б.) енгізуге болады. GPS қабылдағышына немесе ауыстырлатын MemoryStickPROD/ card қосымша карта енгізгенде, аспаптағы картографиялық деректер жоғалмайды.

Қазіргі кезде бұл GPS навигаторларының танымалдығы мен ауқымды артты. Оны портативті навигатор ретінде қолдануға және қалтаға салып жүруге болады (9.19-сурет).



9.19-сурет. Жерсеріктік Garmin навигаторлары:

а) 1 – растау пернесі; 2 – маршрутты бағыттау; 3 – мәзір; 4 – бір түсті дисплей және маршрутты көрсету көрінісі; ә) GPSMAP 176C:

1 – іске қосу және жарықтандыру пернесі; 2 – навигациялау пернесі;

3 – маршрутты бағыттау; 4 – дисплейдегі көріністі жақындату;

5 – дисплейдегі көріністі алыстату; 6 – антенна; 7 – көрініс беттерін парақтау;

8 – функцияны растау; 9 – дисплей және ондағы карта көрінісі

Картографиялық мүмкіншілігі жоғары, жадына әлем картасы енгізілген GPS III Plus қабылдағышы да дүниеге келді.

Оның құрамы жалпы бағыттағы ақпараттарды құрайды: өзен, көл, теңіз, қалалар, саяси шекаралар, негізгі жолдар. GPS III Plus жеке компьютерге қосқан кезде, компакт-дискіден қосымша 1,44 Мб көлемдегі картографиялық ақпараттарды жазуға болады. Сонымен, қабылдағыш құрамындағы ақпараттардың жеке бөліктері толықтырылып, жаңартылады.

GPS III Plus ерекшеліктері: ақпараттарды экранда горизонталь немесе вертикаль қалпында көрсету мүмкіншілігі; бір жинақ батареясы 36 сағат үздіксіз жұмыс істейді. Жүрілген жолды көрсететін одометр мен басқа да функциялар бар.

Стандартты жинаққа: 12-каналдық қабылдағыш, жадына халықаралық базалық картографиялық деректер енгізілген, оның құрамын негізгі жол, қала және өзен мәліметтері және портативті антенна, белбеу, бекіткіш «velcro», World Map CD құралдары құрайды.

9.6.5. GPS технологиясын маркшейдерияда қолдану

Соңғы жылдарда бүкіл әлемде маркшейдерия саласына жерсеріктік радионавигациялық жүйелер қарқын-дап енуде. Ғаламдық позиционирлеу жүйесін маркшейдерлік істе қолданылу 4 негізгі бағыт бойынша жүргізіледі.

Бірінші бағыт ашық кен жұмыс-тары мен жер бетіндегі марк-шейдерлік тірек тораптарын құру және жоғалғандарын қайта тұрғызу үшін, сонымен қатар жер мен фотограмметриялық әуе түсіріс-теріне геодезиялық дайындық жүр-гізу мақсатында қолданылады. Жерсеріктік геодезия тапсырмала-ры үшін әдіс дәстүрлі әрі негізгі бо-лып табылады. Осыған қоса тау-кен кәсіпорындарындағы шарттарды ес-керіп келесі маңызды қажеттіліктерді іске асырады: а) жерасты кен өндіру-дің координаттық анықтауларын жер бетіндегі GPS анықтаулармен бай-ланыстыру; б) берілген кәсіпорын жұмыс жасайтын координат жүйе-сіне GPS анықтаулар нәтижесін сәй-кестендіру. Осы себептермен келесі нұсқауларды береді:

– жерсеріктік анықтаулар сұлба-сына тригонометриялық анықтаулар элементтерін қосу, яғни дер кезінде жерасты тау-кен өндіру жұмыстары-ның және жерүсті деформациялық тордың өзара мүмкін болу ығысуын түзетіп отыру;

– биіктіктік анықтауларды анықтау-дағы геометриялық нивелирлеуді GPS анықтаулармен пландық сүйемелдеу;

– аралас құрастыруларды теңестіру мүмкіндігін ескеріп торларды құру сұлбасын жобалау;

– тек жоғары дәлдікті анықтаулар-ды табуға арналған аппаратураларды қолдану;

– жергілікті координата жүйесін-де жұмыс жасауда өзге де координата жүйелерінің параметрлерінің кате-ліксіз ауысуын қадағалау, осы айтыл-ғандарды ескере отырып, жұмыс жа-сай алатын ГАЗ-ы бар жерсеріктік қабылдағышты таңдай алу; жобалау кезінде жетілмей қалған бағдарлама-лық кешенді ескеріп, оның жерсерік-тік аппаратуралармен қамтамасыз етілуін қосымша элементтерін жасау.

Екінші бағыт – көмірсутек өндіру ұнғымалары бар кен орындарындағы жер бетін және коммуникациялар-ды түсіруде, ашық тау-кен өндірісі-нің, инженерлік ғимараттар түсірім-дерін, сонымен қатар жобалық және бөлу жұмыстарын орындауда қолданылады.

Ғаламдық позиционирлеу жүйесі қол жетімсіз, қиын орналасқан, алыс орналасқан аймақтарда және мемле-кеттік геодезиялық тораптарды (МГТ) жиілетуде, кен-металлургия кешен-дері орналасқан үлкен аймақтарда маркшейдерлік-геодезиялық жұмыс-тарды атқара алудың жалғыз ғана оңтайлы нұсқасы болып табылады.

Үшінші бағыт – бұл жер бетіндегі жылжулар мен ғимараттар элементтерінің деформацияларын анықтау үшін жүйелі түрде жүргізілетін мониторингтерде қолданылады. Мұнда ерекше орындағы биіктік анықтауларын геометриялық, тригонометриялық және гравиметриялық бақылаулармен толықтыра білу керек.

Қазіргі таңда GPS-мониторинг қызметі отандық ірі тау-кен өндірісі кәсіпорындарында табысты қолданыс табуда.

Төртінші бағыт – кәсіпорынның жүк тасу жолдарын қадағалау секілді және т.б. диспетчерлік қызметті талап ететін құрылғылар мен жабдықтарды автоматты басқару жүйесін жасау үшін қолданылады.

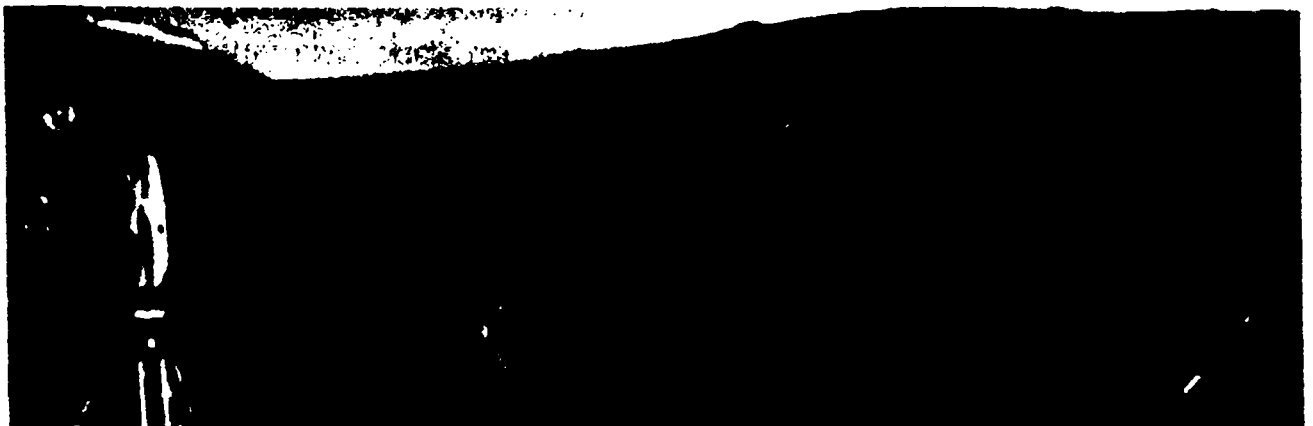
Жерсеріктік геодезиялық аппаратураларды жоғарыда көрсетілген бағыттардағы мәселелерді шешуде қолданудың өте маңызды нәтижелерін Қазақ ұлттық техникалық уни-

верситеті мен Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің «Маркшейдерлік іс» кафедралары көрсетіп отыр. Тау жыныстары массивінің жылжулары мен деформацияларын мониторингтау Қазақстанның Соколов-Сарбай, Кашар, Алтынтау, Ақжал, Шұбаркөл және т.б. карьерлерінде жүргізілуде (9.20-сурет).

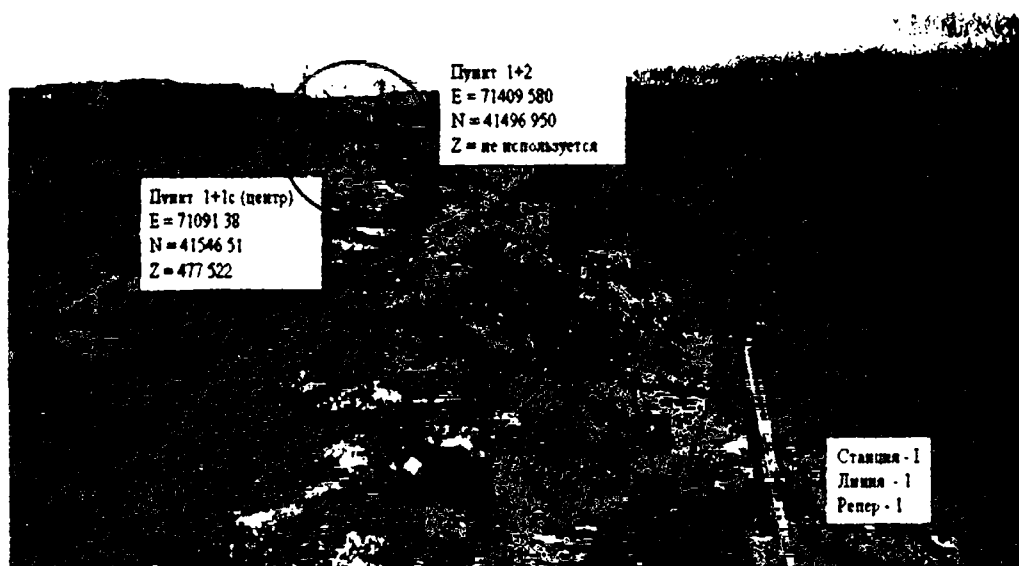
Жүргізілген мониторингтар нәтижесінде негізінен екі мақсатқа қол жетті:

– біріншіден, кәсіпорындардың Маркшейдерлік қызметі координаталары жоғары дәлдікпен анықталған тірек пункттерімен қамтамасыз етілді;

– екіншіден, кенорны төңірегіндегі жер қыртысының техногендік деформациялары анықталды. Карьер беткейлерінің орнықтылығын қамтамасыз ету мақсатымен жүргізілген GPS бақылауларының нәтижесінде (9.21-сурет) көптеген карьер кертпештерінің көлбеу бұрыштарын



9.20-сурет. Сарбай карьеріндегі GPS бақылаулар



9.21-сурет. Бақылау стансасы пункттеріне бағыттау схемасы

жоғарылатудың және ішкі таужыныстары үйінділерінің параметрлерін анықтаудың негіздемесі жасалынды.

Сонымен қатар, соңғы жылдары жасалынған көлікті басқару жүйелері жабдықтар операторына қарапайым шарттарда компьютермен жасалынған объект туралы үздіксіз топографиялық мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Мұндай кездерде айтылған жерсеріктік құрылғылар қозғалмалы жабдықтарда (эксковатор, бұрғылау станоктары) қондырылады. Бұл жүйе орындалып жатқан жұмыстардың сұлбасын сақтай отырып, бірден нәтижелерін жобалаушыға тексеруге бере алады.

Қорытындылап айтқанда, өндіру үрдістеріндегі жерсеріктік анықтаулар мен олардың нәтижелерін маркшейдерлік істе қолдану әдістемесі аяқталды деп есептеу дұрыс

емес шығар, өйткені техника мен аппаратуралар күннен күнге жетілдірілу үстінде болып келеді.

9.7. GPS өлшеулердің әдістері

Кинематикалық және дифференциалдық әдістер нақты уақыт аралығында өлшеуге арналған.

Кинематика. Кинематикада «Stop & Go» төрт немесе одан да көп жерсеріктерінің фазалық өлшеулерін жалпы ровер және база үшін қолданады. Сантиметрлік деңгейдегі дәлдікті алу үшін алдымен өлшеуді инициализациялау қажет.

Инициализация әр түрлі тәсілдермен жүргізіледі:

– бір жиілікті қабылдағыштарды қолдану кезінде роверді координаталары белгілі пунктке орнатып, өлшеулерді инициализациялап не-

месе арнайы штанганы қолданады. Инициализациялауға арналған штанга, тұрақты жасанды базалық сызықты құрайды;

– нақты уақытта екі жиілікті қабылдағыштарды қолдану кезінде анықталатын нүкте немесе координатасы белгілі пункт үстіне роверді орнатады.

Егер ровердің «On-The-Fly» (OTF) инициализациялау мүмкіндігі болса, антенна жалпы бес жер серігімен байланысып, инициализация ровердің орнын ауыстырғанда жүреді.

Егер жұмыс барысында жалпы жер серігі саны төрттен аз болса, онда өлшеу жұмыстарын қайтадан инициализациялау қажет.

Дифференциалды өлшеулер. Дифференциалды өлшеу әдістері, кодталған GPS өлшеулерінде (C/A-код) координаталарды анықтау үшін қолданылады.

Дифференциалды өлшеулер үшін жер серіктерін үздіксіз бақылаудың қажеті жоқ. Нәтижелердің дәлдігі шамамен 1 м құрайды. Дифференциалды өлшеулерге бір немесе екі жиілікті қабылдағыштарды қолдануға болады.

Жылдам статика. Жылдам статика әдісінде, жұмыс соңында нәтижелер офисте өңделіп, сантиметрлік дәлдікті қамтамасыз етеді.

Базалық сызықты алу үшін (8-30 мин.) 8 мин. аралығында бұл әдіс тасушы фазалық өлшеуді пайдаланады.

Қажетті уақыт қабылдағыш түріне базалық қашықтық ұзындығына байқалатын жер серігі санына және оның геометриясына байланысты (аспан сферасындағы орналасқан жер серіктері).

Статиканы жоғарғы дәлдіктегі өлшеулерде қолданады, бірақ стансадағы жұмыс уақыты шамамен бір сағатты құрайды.

Жылдам статика статиканың туындысы және озық аппараттар мен программалар жүйесінің нәтижесі болып табылады.

Жылдам статикамен өлшеу үшін 1 және 2 жиілікті қабылдағыштарды қолдануға болады. Геодезистер GPS-ті тірек жүйелерін, топографиялық түсірістер мен бөлу жұмыстарын дамытуда қолданады.

9.8. GPS-тің жұмыс істеу тәртібі

GPS негізгі жүйесін бес негізгі пунктке бөлуге болады:

- жер серігінің трилатерациясы – жүйе негізі;
- жер серігімен қашықтық өлшеу – жер серігіне дейінгі арақашықтықты өлшеу;
- дәл уақытпен байланыстыру – қабылдағыш пен жер серігінің сағатын сәйкестендіру;
- жер серігінің орналасуы – ғарыштағы жер серіктерінің дәл орналасуын анықтау;

– кателіктерді түзету – тропосфера мен ионосферадағы енгізілетін қателерді ескеру.

Уақытпен дәл байланыстыру

Жоғарыда аталып өткендей, есептеулер тікелей сағат жүрісінің дәлдігіне байланысты. Кодтар жерсерігі мен қабылдағыштарда бір уақытта генерациялануы қажет. Жерсерігінде атом сағаттары орналас-тырылған, оның дәлдігі бір наносекундты құрайды. Бірақ әрбір GPS қабылдағышына аталмыш сағатты орнату өте қымбатқа түседі. Сондықтан қабылдағыш сағатының жүріс кателігін жою үшін өлшеуді 4 жерсерігінен жүргізеді. Бұл өлшеулерді кателіктерді жою үшін қолданады. Ол қателер жерсерігі және қабылдағыштағы сағаттың синхрондалмағандығынан болады.

Егер жерсерігіндегі және қабылдағыштағы сағат жүрісінің дәлдігі бірдей болса, онда арақашықтықты екі жерсерігінің көмегімен дәл анықтауға болады. Егер өлшеулер үш жерсерігінен орындалса, онда барлық сағаттар дәл.

Үшінші бағыттағы өлшемдер қажет болған жағдайда қабылдағыштағы сағат жүрісінің катесін жою үшін 4 жерсерігі қажет.

Сонымен далада жұмыс істеу кезінде, объектінің үш бағыттағы ко-

ординаталарын анықтау үшін, кемінде 4 жерсерігі қажет.

Қателерді түзету. GPS-пен жұмыс істеу кезіндегі кейбір қате көздерін жою қиынға түседі. Есептеулер барысында белгілі болған сигнал жарық жылдамдығына тең жылдамдықпен үздіксіз тарайды. Жарық жылдамдығы тек қана вакуумде тұрақты (константа) болып табылады. Сигнал ионосфера және томосфера қабаттарынан (130-290 м биіктіктегі бөлшектермен зарядталған қабат) өткен кезде, оның таралу жылдамдығы мен аралық қолшеу дәлдігі төмендейді. Қазіргі жетік GPS қабылдағыштарында осы кателіктерді ескеретін көп мүкіншіліктері бар алгоритмдер қолданылады.

Кей кездері атом сағаттары мен жерсерігінің орбиталарында кателіктер пайда болады. Бірақ оларды бақылау стансаларында тиянақты бақылап отырады.

GPS көмегімен жұмыс кезінде көп сәулелі интерференцияның кателіктері пайда болады. Яғни, сигнал жер бетіндегі объектілерден шағылған кезде жерсеріктерінен өтетін сигналдармен интерференцияны тудырады. Сигналдарды өңдейтін арнайы техникалар мен антенна конструкциялары қате көздерін едәуір төмендетеді.

Өлшеу түрлері. Кейбір кодталған қабылдағыштар жерсерігі сигналдарының фазаларын шектеулі өңдей-

ді. Көптеген жаңа фазалық геодезиялық GPS қабылдағыштарында сантиметрлік дәлдік деңгейін бере алады. Бірақ, шектелген фазалық және кодталған өлшеулерді қолдану кезінде бір нүктедегі өлшеу процесі ұзақ уақытты талап етеді.

Жалпы фазалық өңдеу технологиялары кодтау өлшеулеріне қарағанда дәл нәтиже береді.

Дегенмен, өлшеу және өңдеу процесі кезіндегі мәліметтерді жинау процедурасы күрделенді. Бір нүктені өлшеу үшін 10 мин. жоғары фазалық өлшеулер қажет.

Өлшеу интервалы. Дифференциалды коррекцияның дәлдігі, мәліметтерді жазу интервалына байланысты. Базалық стансаның файлын құру кезінде қысқа аралықтарды қолданған дұрыс.

Жылжымалы қабылдағыш мәліметтерінің дифференциалды коррекциясын орындау кезіндегі маңыздысы бір нүктедегі ұзақ уақыт бақылау параметрлері болып табылады.

Мысалы, ұзақ уақыт аралығында жазылған бақылаулар, қысқа уақыт аралығында жазылған бақылауға қарағанда жоғары дәлдікті береді.

Базалық станса. Базалық файлға жазылған жерсеріктік өлшеу мәліметтері, дифференциалды коррекцияға әсер ететін негізгі ақпарат болып табылады. Бұл өлшеу ақпараты әр түрлі жазылады. Яғни, әр жер серігіне фаза туралы ақпарат жеткізіледі.

Оның жазу аралығы 1-ден 15 сек. дейінгі диапазон аралығында болуы мүмкін. Бірақ өлшемдер 3 сек. бір реттен жиі жазылса, қажетті дәлдікті бермейді.

Осы кезде фаза көлемі тез арада ұлғая бастайды. Базалық стансада жазу үшін ұсынылатын аралық (жалпы көпшілік тапсырмаға) 5 сек. құрайды.

Дифференциалды коррекцияны орындайтын программа, «жалған қашықтық» өлшеулерін және фазаларды жеке өңдейді.

Жер серігі сигналының фаза бойынша жазу интервалы 1-15 сек. арасындағы ауқымда болуы қажет.

Ең қысқа жазу интервалы файл көлемін ұлғайтады. Базалық стансадағы жазу интервалы (көптеген тапсырмалар үшін) 5 сек. құрайды.

Бақылау сұрақтары

1. Әлемдік навигациялық жүйелер.
2. Ғарыштық блок деген не?
3. Глобалды позицияландыру жүйесінің аспаптары.
4. GPS қабылдағыштары қайда қолданылады?
5. Trimble GPS-қабылдағыштары.
6. GPS жұмыс істеу принциптері.
7. TTS 5700 қабылдағыштары.
8. Радиомодем деген не және не үшін пайдаланады?
9. GPS-ті геодинамикалық мәселерін шешуде қолдану
10. GPS-ті геодезияда қолдану
11. GPS-ті теңіз геодезиясында қолдану
12. GPS-ті картографияда қолдану
13. GPS-ті маркшейдерияда қолдану.
14. GPS жұмыс істеу тәртібі.
15. Жерден бақылау және тұтыну блоктары деген не?

10-ТАРАУ. ЛАЗЕРЛІК СКАНЕРЛЕР

10.1. Лазерлік сканерлердің ерекшеліктері

Лазерлі сканер қажетті объектілер моделінің кеңістіктегі координаталарын тез арада анықтап түсіруге арналған. Лазерлі сканердің жұмыс істеу принципі электронды тахеометрге ұқсас және түсірілетін объектіге дейінгі аралықтарды өлшеп, нәтижесінде әрбір нүктенің координаталарын анықтауға арналған. Өлшеу жылдамдығы секундына 2000-5000 нүктеге дейін қамтиды. Негізгі принципі, сәуле таратушыдан лазер шоғыры объект беткейінен шағылып, қабылдағышқа қайта түседі. Алдын ала берілген реті бойынша призма айналып, лазер шоғырын горизонталь және вертикаль жазықтықта таратады.

Лазерлік сканерді жасап шығарушы компанияларға *Riegl Lazer Measurement Systems GmbH* (Австрия), *Cyra Technologies* (США), *Callidus* (США), *Optech* (Канада), *MENSI* (Франция) жатқызуға болады, соңғы

кездері өзінің жаңа туындысын *Leica* (Швейцария) ұсынды.

Көптеген шығарылып отырған сканерлер барлық салаларда бола бермейді. Олар конструктивтік ерекшеліктері мен техникалық көрсеткіштері жағынан арнайы бір объектілер класына ғана тиімді болуы мүмкін. Мысалы, олардың техникалық параметрлеріне сүйене отырып, интерьерлік түсірістерге *Cyra Technologies* (США), *Callidus* (США), ал жерасты тау-кен жұмыстары үшін *Optech* (Канада) сканерлерін ұсынуға болады. Архитектура және азаматтық құрылыстар үшін *MENSI* (Франция) сканерлері келеді. Лазерлік сканерлердің кейбір модельдері жоғарғы дәлдікті қажет етпеген жағдайда 2,5 км дейінгі аралықты түсіре алады. Дәлдігі жоғары түсірістерге *Riegl Lazer Measurement Systems GmbH* (Австрия) сканері жақсы келеді.

Схема түрінде сканердің жұмыс істеу принципін бірнеше негізгі бөлімге бөлуге болады:

– өлшеу тұғыры, онда сәуле таратушы лазер мен қабылдағыш орналасқан;

– айналып тұратын призма – вертикаль жазықтықта сәуле шоғырының тең тарауын қамтамасыз етеді;

– горизонталь айналымның іздеу жетегі (сервопривод);

– компьютер (ішкі және сыртқы) түсірісті басқару және деректерді жадқа жазуға арналған.

Лазерлік сканерлеумен шешілетін тапсырмалар:

Жобалау. Лазерлік сканерлеу деректерін әр түрлі толығымен салынбаған құрылыстарды немесе ғимараттарды қайта тұрғызу жобаларын құруда аса сенімділікпен қолданылады. Осы лазерлік сканерлеу жағдайларында күрделі өлшеу жұмыстары немесе аяқ баса алмайтын фасадтарды түсіру жұмыстары толығымен орындалмайды.

Деформациялық мониторинг. Түрлі цикл деректері бойынша құрылған модельдерді қабаттастыра отырып, іс жүзінде беткейдің кез келген нүктесінің мәні мен деформация (жарықшак) бағыты есептеледі.

Көлемді есептеу. Тау-кен саласында және әр түрлі құрылыстарда, дәлірек айтқанда, тау жыныстары мен пайдалы қазбалар үйінділері және көлік жолдары немесе құрылыстық ор жолдардың көлемін анықтауға тура келеді. Осы аталмыш объектілер-

дің көлемдерін анықтауда түсіріс жұмыстары орындалып, санаулы уақыт ішінде анықталатын көлемнің қателігі 1%-дан төмен мәнді береді.

Қайта жасау (реставрация). Күрделі беткей модельдерін ала отырып, реставратор өзіне қажетті модельді виртуалды түрде жалғастырып жасай алады. Әрине, бұл лазерлік сканердің толық мүмкіндігі емес. Технологияны өндіріске енгізу процесінде тапсырыс берушілердің сұраныстары артып, осы әдісті қолдану мүмкіндіктері кеңеюде. Ал лазерлі сканерлеудің экономикалық жағынан өте тиімді әрі ұтымды екені практикада айқын көрсетілуде. Осындай лазерлік технологияның бірі – ILRIS-3D.

Тау-кен саласы. Лазерлік сканер – карьердегі маркшейдерлік жұмыстардың тиімділігін арттырады. Бұл бұрғылау-аттыру жұмыстарынан кейінгі үйіндінің моделін тез алуға мүмкіндік береді. Сөйтіп руда сапасын тиімді бақылауға мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, карьер алаңының, қазындылардың, жерасты жұмыстарының, оның ішінде шахта, туннель, инженерлік құрылыс және ғимараттардың үш көлемді топографиялық түсірісін тез арада жасайды.

Optech (ILRIS)-тің лазерлік сканерлеу жүйесі

Optech (Канада, Торонто) компаниясының жасап шығарған ILRIS-3D, ILRIS-36D, ILRIS-3DER, ILRIS-3DMC

лазерлік сканерлері кеңістіктегі координаталар моделін құру мақсатында, объектіні жоғарғы жылдамдықта түсіруге арналған.

ILRIS-3D лазерлік сканерлеудің қолдану саласына тау-кен өндірісі, ландшафт және жер беткейі, энергетика, ескерткіштер мен мүсіндер, жол құрылыстары, т.б. жатады.

Лазерлік сканерлеудің түсіру процесінде бұрыш өлшенбейді, айнаның бұрылу бұрышын беріп, сол кезде сақтаушы құрылғы деректерді тіркейді. Сканерлеу тығыздығы қашықтыққа байланысты болғандықтан, ондаған мм-ге дейін жетеді.

Түсіріс нәтижесінде көптеген нүктелер жиынтығынан құралған және әрбір нүктенің X, Y, H координаталары бар объектінің кеңістіктегі моделін аламыз. Әрбір нүктенің сипаттамасы шағылған сәуленің қарқындылығының сандық түріндегі мәні болып табылады.

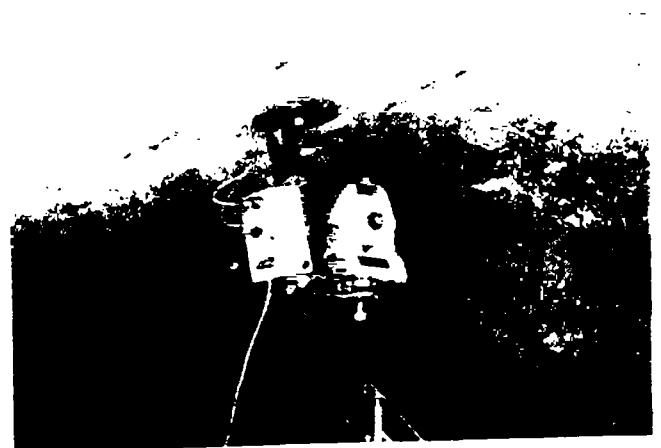
Шағылған сигналдың қарқынды мәні – объектідегі материал құрылымына, оның құрылысына, түсіне, т.б. байланысты. Көптеген нүктелермен бейнеленген объектінің кеңістіктегі моделін «нүктелер бұлты» деп атайды.

Арнаулы бағдарлама көмегімен түсірістен кейін алынған «нүктелер бұлтын» бір-бірімен беттестіріп біріктіреді. Біріктірілген «нүктелер бұ-

лты» кез келген координата жүйесіне трансформацияланады. Алынған кеңістіктегі модельде әр түрлі геометриялық параметрлердің өлшеулерін орындауға (арақашықтық, бұрыштар, диаметр, т.б.), кескін мен кима тұрғызуға болады. Келесі кезең векторлық модельді құру болып табылады. Бұл кезде «бұлттар» нүктелерінің басында үшбұрыштарды құру әдісімен (триангуляциялық немесе полигоналды модель) немесе осыған ұқсас нүкте, вектор, жазықтық, цилиндр, сфера, т.б. қолданылады.

Optech CMS-100 сканерін төбеге іліп қойып жерасты қуыстарын түсіру сәті 10.1-суретте көрсетілген.

Алынған деректерді AutoCad, ArcView, MicroStation бағдарламаларына экспорттап пайдаланылады. Әр түрлі уақытта алынған бір объектінің «нүктелер бұлтын» бір-біріне қабаттастырып салуға да болады.

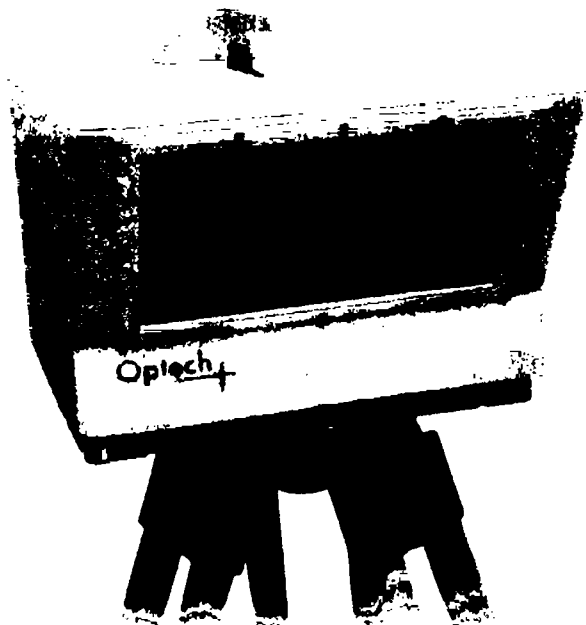


10.1-сурет. Жерасты қуыстарын түсіру

ILRIS-3D (10.2-сурет) деректерін өңдеуге арналған PolyWorks бағдарламасы деректер өңдеуге арналған модульдерімен бірге болады.

Бұл модульдер көлемі өте үлкен «нүкте бұлттарымен» жұмыс істеуге, редакциялауға және қарастыруға мүмкіндік беріп, кез келген форматта қажет көлемде сыртқа шығарады (экспорттайды).

ILRIS-3D (10.3-сурет) сканер көмегімен 2004 ж. Киров қаласындағы ашық тау-кен карьері түсірілген. Алты бет (скан) бір қалыпқа қабаттастырылып полигоналды модель жасалған.



10.2-сурет. *ILRIS-3D* лазерлік сканерінің сырт көрінісі

10.2. SCANSTATION лазерлік сканері

10.2.1. *Leica ScanStation, HDS6000, Leica ScanStation 2* сканерлері

Геодезиялық аспаптар жасау нарығында «Leica Geosystems» фирмасы үш бірдей лазерлік сканерді ұсынып, геодезиялық аспаптар саласында тағы бір стандарт жасалды. Барлық үш сканер өз аттарына ие болды, олар: **ScanStation, HDS6000, ScanStation 2** немесе жоғарғы деңгейлі түсіріс. Жоғарғы қабілетті түсіріс – геодезистер мен инженерлерге арналған 3D лазерлі сканерлеу тапсырмаларын шешуде пайдаланылып, кеңістіктегі деректерді өңдеуге бағытталған.



10.3-сурет. *Карьерді сканерлеудің бейнесі*

10.1-кесте

ILRIS-3D сканерінің техникалық сипаттамасы

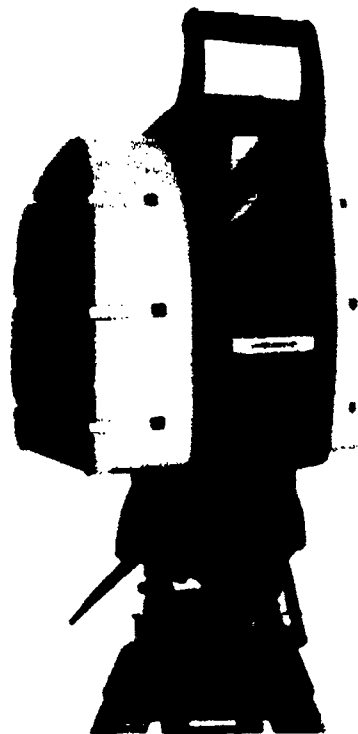
4%-ға дейін жер беткейін бейнелейді	350 метрде
20%-ға дейін жер беткейін бейнелейді	800 метрде
80%-ға дейін жер беткейін бейнелейді	1500 метрде
Аралықтағы нүкте мәні	@50 м 7 мм; @100 м 20 мм
Бір аралықтағы нүкте аралығы	@50 м <10 мм; @100 м <20 мм
Көру бұрышы	40x40°
Нүктелерді тұрғызу дәлдігі	
X-Y	@50 м 7 мм; @100 м 10 мм
Z	@50 м 10 мм; @100 м 10 мм
Түсіру жылдамдығы	секундына 2000 нүкте
Батареясы	24 V қайта зарядталатын
Жұмыс температурсы	0° C тен +40° C-қа дейін
Сактау температурсы	-20° C тен +50° C-қа дейін
Лазер типі	1 класс

Бұл үш түрлі, үш көлемді жер сканері – инженерлік ізденістерде, құрылыста, архитектурада, топотүсірістерде, картографияда және тау-кен жұмыстарында, жерге орналас-тыру, кадастр, т.б. салаларда түрлі тапсырмаларды шешуге арналған (10.4-сурет).

ScanStation, HDS6000, ScanStation 2 сканерлері Cyclone бағдарламасымен басқарылады.

Cyclone бағдарламасы жерді лазерлік сканерлеуге және түсіріс нәтижелерін автоматты өңдеуге арналған.

Leica ScanStation геодезистер тахеометрмен жұмыс істегенде өте кажет



10.4-сурет. ScanStation сканері
Өлшеу ауқымының тиімділігі

төрт іргелі тахеометрдің ерекшеліктерін қамтиды, әдетте ол лазерлік сканерлердің жаңа түрін анықтайды.

Leica ScanStation бұрынғы Leica HDS3000 сканері сияқты 360° горизонталь және 270° вертикаль жазықтығында сканерлейді. Осындай сканерлеу арқылы ScanStation тұрған нүктесінің астыңғы жағында да түсіре алады.

Техникалық сипаттамасы жағынан да жан-жақты тахеометр сияқты барлығын қамтамасыз етеді. Мысалы, төбе, көпір, жерасты өту жолдары, шатыр, фасадтар, құбырлар, бағаналар сияқты нысандардың өлшемдерін дәл анықтай алады.

Полигонометриялық жүріс пен кері геодезиялық қиылыстыруға арналған екі осьті компенсатор.

Екі осьті компенсаторда *Leica Geosystems* тахеометрі мен *Leica ScanStation* сканері біріктірілген. Бұрынғы түсірістер мен кері қиылыстыруды жүргізгендегі далалық және офистегі жұмыстарға жұмсалатын уақыт толығымен үнемделді.

Әрбір өлшеу кезіндегі геодезиялық кластың дәлдігі

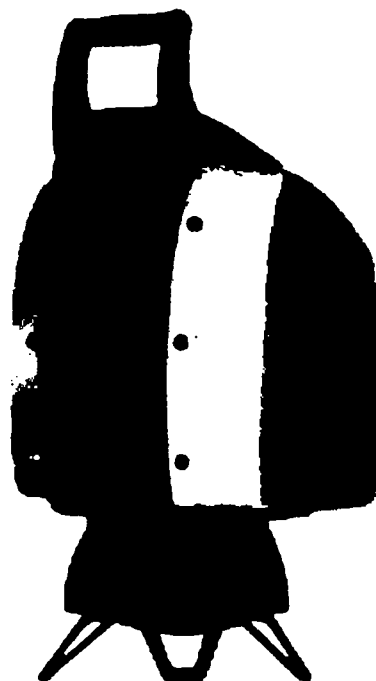
Бұл аспаптың алдындағы сканерлер түсірген бір нүктенің нәтижесін дәл алу үшін бірнеше рет түсіріп, оның орташасын алған. Ал қазіргі *Leica ScanStation* және *HDS3000* сканерлері бір нүктені бір-ақ рет өл-

шеп, қажетті геодезиялық дәлдікті дәл бере алады.

Leica ScanStation максимал өлшеу ауқымы 300 м құрайды (жер бетінен шағылу қарқындылығы – 90%) және бұл аспапты тахеометрдің орнына, қолданбалы жобалар мен топографиялық түсірістерде сенімді қолдануға болады.

10.2.2. *ScanStation 2* лазерлік сканері

Топографиялық, өндірістік және инженерлік қолданбалы түсірістерге арналған *ScanStation 2* сканері (10.5-сурет) өзінің жұмыс істеу өнімділігін 10 есе үлкейтіп, жер сканерлері ішіндегі әлемдік көшбасшы екенін көрсетуде.



10.5-сурет. *ScanStation 2* лазерлік сканері

ScanStation 2 сканерінің 1 сек. аралығында 50000-ға дейінгі нүктелерді түсіруге мүмкіндігі бар. Оның сканерлеу зонасы 360 x 270 құрап, өлшеу кезінде тахеометрге сәйкес дәлдікті көрсете алады.

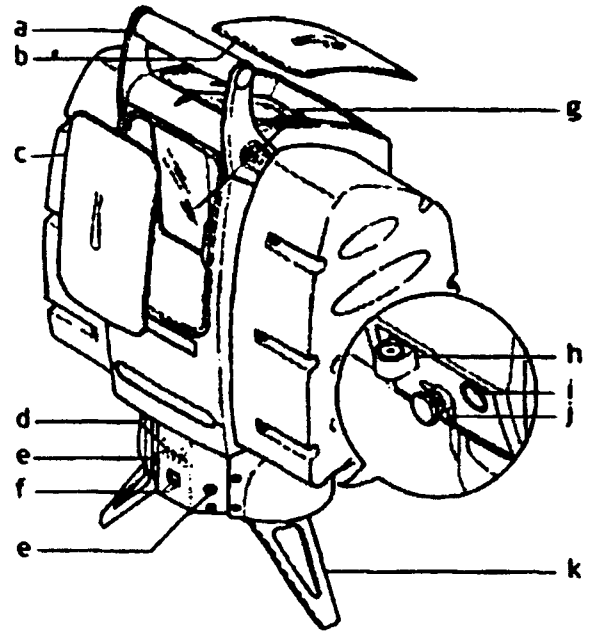
Аспаптың мүмкіндіктері мен тахеометрге ұқсастығы былай негізделеді:

- тахеометрдің төрт негізгі іргелі қасиетімен;
- сканерлеу зонасының кеңдігі;
- екі осьті көлбеу компенсаторымен;
- әрбір өлшеудің жоғарғы дәлдігімен;
- өлшенетін арақашықтықтың үлкен ауқымымен;
- келтірудің ыңғайлылығы;
- қолданудың қарапайымдылығы;
- жоғарғы дәлдікті жаңа стандартты түсірістерге шығарады немесе **High-Definition Surveying™** (HDS™).
- Импульсті сканердің бұрын-соңды болмаған жылдамдығы.

Импульсті сканерлерді ең үлкен арақашықтықты және жоғарғы дәлдігі үшін жиі пайдаланады. Жаңа ScanStation 2 сканерінің аркасында сканерлеудің жылдамдығы өсіп, сканерлеу тығыздығы артады. Әдетте ол алатын нәтижелердің сапасын едәуір жақсарттады.

Сканерлеудің ауқымдылығы

Тахеометр сияқты ScanStation 2 сканері аспаптың айналасындағы 360° горизонталь және 270° вертикаль



10.6-сурет. *ScanStation 2* лазерлік сканерінің құрылысы: *a* – тұтқасы; *b* – вертикаль сканерлеуге арналған терезенің қақпағы; *c* – горизонталь сканерлеуге арналған терезенің қақпағы; *d* – индикатор; *e* – батарея қосылатын темік; *f* – Ethernet түріндегі желілік кабель қосылатын темік; *g* – вертикаль сканерлеуге арналған терезе/горизонталь сканерлеуге арналған терезе; *h* – дөңгелек деңгейлеуші QuickScan батырмасы; *j* – бекіту бұрандасы; *k* – тұғыры

бағыттардағы нысандарды түсіруге мүмкіндік береді.

Екі осьті жоғарғы дәлдікті көлбеу компенсаторы.

ScanStation 2 сканерінің координаталары белгілі нүктеде тұрып тахеометриялық түсіріс жасауды, кері геодезиялық қиылыстыру арқылы байланыстыруды және көрініп тұрған сәуле арқылы бөлуді жүргізе алады. Осылардың барлығы далалық жұмыс-

тарды жүргізуге кететін уақытты қысқартады. Сканерді жергілікті жерге байланыстыру варианттары көбейеді де, жалпы жобаның дәлдігі жоғарылай түседі.

ScanStation 2 әрбір нүктені сенімді өлшейді. Өлшеулер арасындағы минимал арақашықтықты, лазерлік дақтың кіші өлшемі, сканерлік теңестіру мен соңғы нәтиженің тиімді өнімділігін алуды қамтамасыз етеді.

Үлкен арақашықтықтарды өлшеу ауқымдылығы

ScanStation 2 сканерлеудің диапазоны 300 м құрайды.

10.3. HDS 6000 сканері

HDS (High Definition Survey) – жоғарғы қабілеттегі түсіріс. Ең күрделі тапсырмаларды шешуге арналған аспаптың бірі – HDS6000 сканері.

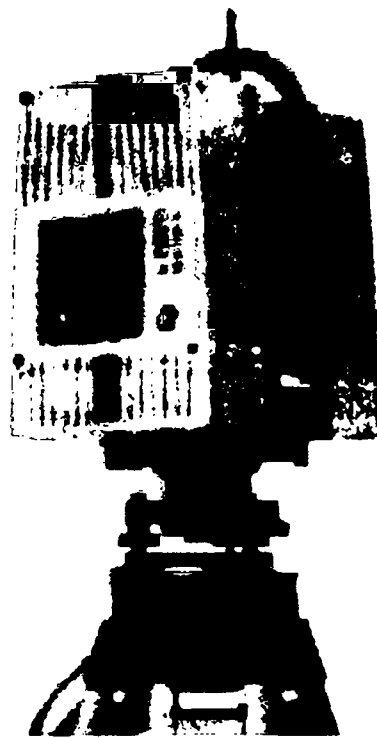
HDS6000 сканері мынадай сипаттамалармен ерекшеленеді:

- аралық ауқымы 79 м-ге дейін ұлғайтылған;
- ыңғайлы эргономикалық сканер дизайны ішкі компоненттермен қамтылған;
- басқару панелі, 60Гб жад (одан да жоғары) пен ауыстырылатын аккумуляторлары бар.

Көлбеу сенсоры тахеометриялық түсірісті жүргізіп және кері геодезиялық қиылыстыруды шеше оты-

рып, аспап тұрған жердің координаталарын анықтайды.

Сканерлеу процесі үшке бөлінеді: ішкі панель, ПК-мен (жеке компьютер) қашықтықта байланысу немесе толық функционалды ноутбук. Әрбір түсірістің дәлдігі жоғары. Сканерлеу тығыздығы екі есе ұлғайтылып, өнімділігі жоғары және әр бағытта қолдануға ыңғайлы.



10.7-сурет. HDS 6000 сканері

Cyclone бағдарламасының көмегімен алынған геометриялық деректер өңделіп, жұмыс тиімділігі арта түседі.

10.4. Riegl лазерлік сканері

Riegl Lazer Measurement Systems GmbH (Австрия) компаниясының лазерлік сканері. (10.8-сурет)

Негізгі қолдану саласы:

- жер-мүлік кешендерін инвентаризациялау және кадастрлық тіркеу;
- жобалау;
- электр энергетикада;
- мұнай және газ өнеркәсібінде;
- құрылыс және инженерлік ғимараттарды пайдалануда;
- тау-кен өндірісінде;
- архитектурада;
- инженерлік объектілердің мониторингі, шұғыл және экологиялық бақылау;

Дәстүрлі геодезиялық өлшеулерге қарағандағы негізгі ерекшеліктері:

• деректердің үш көлемділігі (деректердің барлығы үш көлемді координаталық байланыстырылған);

• өлшеу нәтижелерінің көп түрін көрсетеу мүмкіндігі (үш көлемді нүктелер жиынтығынан, пландар мен үш көлемді модельдерге дейін);

• жоғарғы дәлдікпен әрбір бөлшекті көрсету (дәлдігі 0,5 см.)

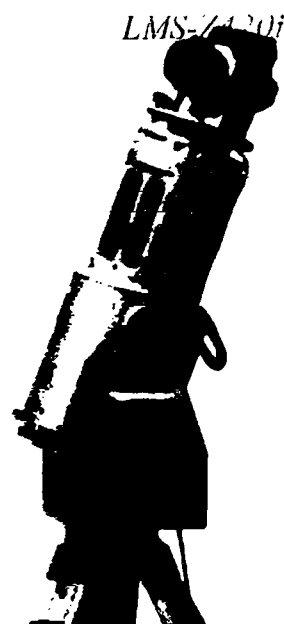
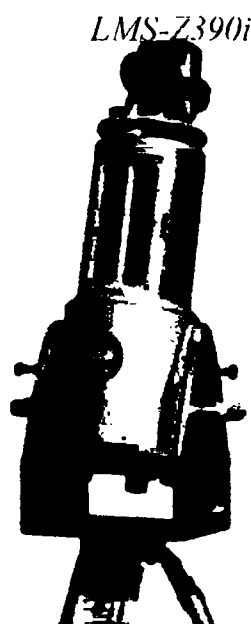
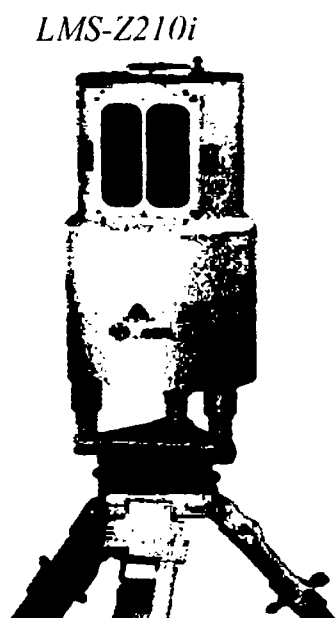
• қашықтықты 1000 м дейінгі аралықта өлшейді;

• түсіріс жұмыстарын жедел жүргізу (тахеометриялық түсіріске қарағанда бірнеше рет тез);

• бір оператормен орындалады.

Riegl шығаратын жер бетін түсіретін лазерлік сканерлердің негізгі артықшылығы:

• әмбебаптығы;



10.8-сурет. Riegl лазерлік сканері

- сканерлеу жылдамдығы – секундына 24000 нүкте
- дәлдігі 5 мм-ге дейін;
- қашықтығы – 1000 м;
- түсірісі – $360^{\circ} \times 90^{\circ}$;
- шаң мен ылғалдан қорғалған IP64;
- жұмыс істеу температурасы 25° -тан жоғары.

Сонымен, аталмыш лазерлік сканерлердің көмегімен табиғи және техногенді процестердің мониторингі, құрылыс пен архитектура, тау-кен ісінде, мұнай-газ саласында, ғимараттарды, тау көшкіндерін, карьердегі аттыру блоктарын, таужыныстарының үйінділерін, т.б. қолданбалы инженерлік-тапсырмаларды орындауға болады.

Бақылау сұрақтары

1. Лазерлік сканердің жұмыс істеу принципі.
2. ILRIS-3D лазерлік сканердің негізгі мақсаты.
3. Лазерлік сканерді жасап шығарушы фирмалар.
4. Лазерлік сканердің өлшеу жылдамдығы.
5. Лазерлік сканермен шешілетін тапсырмалар.
6. Cyclone бағдарламасының негізгі мақсаты.
7. HDS6000 сканерінің сипаттамалары қалай ерекшеленеді?
8. ScanStation 2 сканерінің жұмыс істеу принципі.
9. Leica ScanStation сканерінің құрылымы, жұмыс істеу ерекшелігі.
10. Лазерлік сканерлер қандай геодезиялық жұмыстарды атқарады?

ГЛОССАРИЙ

Абсолютті нүкте орнын анықтау әдісі – координатты анықтау, бұл кезде шешілетін тапсырма тек бір ғана спутникті қабылдағышпен орындалады

Алидада – маркшейдерлік-геодезиялық аспаптардың дүрбімен бірге айналатын бұрыш мөлшерін көрсететін бөлігі. Алидаданың жауып қоятын және шамалы бұрышқа жылжытатын винттері, сонымен қатар оның вертикаль және горизонталь дөңгелектері бар.

Алидада эксцентриситеті – лимб пен алидада остерінің бір-бірімен қабыспауы, сәйкес келмеуі.

Альманах – ЖНЖС туралы деректерді құрайтын радиодабыл.

Аспап биіктігі – нүкте үстінде немесе астында орнатылған аспап дүрбісінің айналу осінен, геодезиялық немесе маркшейдерлік нүктеге дейінгі вертикаль қашықтық.

Аспапты қалыптастыру – өлшеу аспабын аспаптың дәлдігін, дұрыстығын және сенімді жұмысын қамтамасыз ететіндей жұмыс жағдайына келтіру шаралары.

Аспапты центрлеу – маркшейдерлік-геодезиялық аспаптың вертикаль осін белгілі нүкте арқылы өтетін тіктеуіш сызықпен беттестіру операциялары.

Бағалау микроскопы – теодолиттің есеп алу құрылғысының бір түрі. Осы күнгі теодолиттер есеп алу тетіктеріне қарай: бағалау микроскопы, шкалалы микроскоп, оптикалық микрометрлер болып бөлінеді. Бағалау микроскопында горизонталь және вертикаль дөңгелектердегі есептер бір ғана штрих-индекс арқылы бағаланып алынады.

Бағдарлау – сызықтың бағытын бастапқы бағыт арқылы табу. Геодезияда бастапқы бағыт ретінде меридиан пайдаланылады. Сызықтың бағытын анықтайтын бұрыштар ретінде шын азимуттар, магниттік азимуттар және дирекциондық бұрыштар қызмет етеді.

Барометр – атмосфералық қысымды өлшейтін аспап. Барометрлер сынапты, aneroid және дифференциалды болып бөлінеді.

Барометрлік нивелирлеу – барометр-анероид арқылы жер бетінің белгілі бір нүктелеріндегі атмосфералық қысымды өлшеп және ауа температурасын ескере отырып нүктелердің биік айырымын анықтау.

Батиметрия – арнайы мұхиттану аспаптарымен (лот, эхолот және т.б. тереңдік өлшеуіштер) теңіздер мен мұхиттардың тереңдігін өлшеу. Жүргізілген өлшеулер деректерінің негізінде батиметриялық карталар жасалынады.

Вертикаль бұрыш – вертикаль жазықтықта жатқан бұрыш. Геодезия және астрономия практикасында әдетте қарапайым бағыт пен горизонталь жазықтық немесе вертикаль сызық арасындағы вертикаль бұрыш өлшенеді. Горизонталь жазықтық пен

арасындағы бұрыш – көлбеу бұрышы, ал қарау бағыты мен вертикаль сызық арасындағы бұрыш зениттік қашықтық деп аталады. Көлбеу бұрышты горизонт жазықтығынан жоғары қарай 0^0 -тан $+90^0$ -қа дейін төмен қарай – 0^0 -тан $+90^0$ -қа дейін есептейді. Зениттік қашықтық барлық уақытта оң, оны зенит бағытынан есептейді. Зенит қашықтығы мен көлбеу бұрыштың алгебралық қосындысы 90^0 -қа тең.

Географиялық ақпараттық жүйе (ГАЗ) (geographic information system, GIS) – географиялық координатталған деректерді жинақталуын, енгізілуін, сақталуын, басқаруын, сарапталуын, бейнеленуін, математикалық-картографиялық моделденуін қамтамасыз ететін ақпараттық жүйе.

Геоақпараттық технология (GIS technology) – ГАЗ-дың функциялық мүмкіндіктерін жүзеге асыруға көмектесетін геоақпараттық жүйелер құрудың технологиялық негізі.

Гирокомпас (гироскоп) – шахтадағы бағдарлауды орындайтын негізгі аспап. Қазір МВТ4 гирокомпасы, МВБЗ – гиробуссоль және МВТЦ4 – цифрлы маркшейдерлік гирокомпасының түрлері бар.

ГЛОНАСС – Ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйе (КСРО, Ресей).

Горизонталь бұрыш – горизонталь жазықтықта жатқан және вертикаль жазықтықтармен пайда болған екі қырлы бұрыш шамасын білдіретін жазық бұрыш.

Ғарыш айлағы – зымыран тасымалдаушы көмегімен, орбитаға навигациялық жасанды жер серігін ұшыруды (НЖЖС) қамтамасыз ететін ЖРНЖ секторы. Мәселен, «Байқоңыр» ғарыш айлағы немесе алаңы.

ҒА – ғарыштық аппарат.

ҒГ – ғарыштық геодезия.

Ғарыштық деректер – ғарыштан алынып тіркелген фактілер жиынтығы.

Ғарыштық жылдамдық – ғарыш саласында үлкен маңызды ие түсінік. Ол аспан денесін (ғаламшарды) айнала ұшатын ұшу денесінің (ЖЖС, ҒК, ҒС) ұшу жылдамдығы. Жылдамдықтың бірнеше түрі бар. ЖЖС-нің Жерден бастапқы ұшу жылдамдығы: біріншісі – 7,9 км/с, екіншісі – 11,2 км/с, үшіншісі – 16,7 км/с. Жердің тартылыс күшін теңестіріп, ҒК жер орбитасын айналып жүруі үшін оған жер бетінде бастапқы жылдамдық беру керек.

ҒНЖСЖ – ғарыштық навигациялық жерсеріктік жүйе.

Ғарыштық түсірім – Жерді ғарыштан түсіру арқылы зерделеу.

ҒС – ғарыштық сурет.

Ғарыштық триангуляция – ғарыштық геодезиядағы кеңістікте тораптарды құрудың әдісі.

ДҚ – деректер қоры

Денгейлеуіш – еңіс бұрышын анықтау үшін немесе маркшейдерлік-геодезиялық аспап пен оның жеке бөліктерін вертикаль сызықпен салыстырғанда берілген орынға орнатуға арналған аспап. Д-тер көрсетулері көзбен шолынатын сұйықтық, сұйықтық электрондық (индукциялық және сыйымды) және маятниктік болып бөлінеді. Көрсетуі көзбен шолынатын сыйымды Д. цилиндрлі немесе айналма шыны ампуладан және көпіршікті бақылау үшін ортасы ашық металл жиектемеден тұрады. Жиектеме

тұғырықта немесе аспаптың құрылым элементтерінде Д-ті бекітіп және түзету үшін бекіту, орнату бұрандаларымен жабдықталған.

Жазық параллель пластинкалар – екі параллель қырларымен шектелген мөлдір дене. Параллель – жазық пластинкалар сақтау шыныларында, қылжіптерді және шкалаларды бетіне сызуға, компенсаторларда кеңінен қолданылады.

Жарық қашықтық өлшеуіш – қолданбалы геодезияда арақашықтықты, базистерді, ығысуды және арнайы құрылыстар мен құрылғылардың деформациясын өлшеуге арналған жоғары дәлдікті жарық қашықтық өлшеуіш. Ж.қ.ө. – жоғары деңгейдегі автоматтандырылған аспап. Аспап құрамына үш шағылдырғыш, ток көздері, зарядтау құрылғысы, жиілік компараторы, центрлеу құрылғылары кіреді. Дыбыстық көрсеткіш ток көзінің разрядтануы туралы хабар береді, содан кейін аспап автоматты түрде сөнеді. Көздеу дүрбісі – тура бейнелейді, ұлғаюы – 12 х, көру аясы – 30. Ара қашықтықты өлшеу ауқымы 0,5-тен 2000 м-ге дейін. Өлшеудің орташа квадраттық дәлдігі $1+1-10-6D$, мм. Жұмыс істеудің температуралық ауқымы – 300-тан + 400-қа дейін. Ток көзінің кернеуі – 6В. Ж.қ.ө. массасы – 6 кг. Ток көзінің массасы – 3,2 кг.

Жарық шығаратын диод – электр сигналдарын жарыққа түрлендіргіш болатын жартылай өткізгіш диод. Ж.ш.д-тың негізгі элементі – электрондық-тесіктік өту. Тікелей жылжығанда, электрондардың энергияның ең жоғары деңгейінен, төмен деңгейіне өту себебінен жарықтың кванттары сәулеленеді. Толқынның сәулелену ұзындығы диод материалымен (галлий фосфиді және галлий арсениді; кремний карбиді) анықталады. Көрінетін спектрінде сәулелендіретін Ж.ш.д-тар жарық көрсеткіш ретінде пайдаланылады. Олардың негізгі құндылығы – сәулелену модуляциясының қарапайымдылығы.

ЖЖС – Жердің жасанды серіктері.

ЖҚЗ – Жерді қашықтан зондтау.

Жерсеріктік радионавигациялық жүйелер (ЖРНЖ) – жасанды жер серіктерінен жіберілетін радиосигналдар бойынша навигациялық тапсырмалар мен жергілікті жерде тірек нүктелерінің қызметін атқаратын нүкте координаталарын анықтауға арналған техникалық құралдар кешені.

Жерсеріктік өлшеулердегі қателіктер – берілген деректерді дұрыс білмегендіктен туындайтын қателер. Оның ішіндегі бастысы эфемерид – жер серіктерінің қателіктері; сыртқы ортаның әсерінен болатын қателіктер (ионосфера және тропосферы); құрал-жабдық қателіктері, оларға қабылдағыш антенналарының орналасу жағдайы; сонымен қатар тіркейтін жерсеріктік қабылдағыштардың жұмысы жатады.

Жіптер торы – маркшейдерлік-геодезиялық аспаптардың көру дүрбісінде орналасатын аралас типті окуляр торы. Ол ұзын жіптер жүйесінен тұрады; ондағы екі айқыш тәріздес ажырауда орналасқан штрихтары және үзілуінде салынған түйіскен жері негізгі болады. Ол горизонталь және вертикаль жазықтықтарда нысананы көздеу үшін қызмет етеді. Негізгі горизонталь штрихтан біреуі жоғары, екіншісі төмен орналасқан қосымша горизонталь штрихтар арақашықтықты өлшеуге арналған. Олар түсіру нүктелерінде вертикаль орнатылған нивелирлік және тахеометриялық рейкалар бойынша арақашықтықтарды өлшеу үшін қолданылады.

Жіптер торының параллаксы – зат бейнесінің қыл жіптер жазықтығымен беттеспеуі немесе оны көру дүрбісі қыл жіптерінің параллаксы дейді.

Жүйелік өлшеу әдісі – жерсеріктік нүкте орны әрбір сызықта не жүйенің әрпунктінде анықталады.

Зениттік бұрыш – вертикальдан өлшенетін бағытқа дейінгі есептелетін вертикаль жазықтықтағы бұрыш.

Инвар лента – ұзындығы 6,8 м немесе 12 м-лік базистер немесе полигонометрия қабырғаларының ұзындықтарын өлшеуге қолданылатын жіңішке сым.

Инициализация мерзімі – бір нүктеде бақылау уақыты.

Компаратор – сызықтық өлшем аспаптарының ұзындықтарын эталон ұзындығымен салыстыру арқылы анықтайтын құрылғы.

Компас – географиялық немесе магниттік меридиандардың бағытын көрсететін құрылғы. Компастар навигацияда, ұшақұшыруда, геодезияда, тау-кен ісінде қолданылады. Олар магниттік, гирокомпас, радиокомпас, тау-кен компасы болып бөлінеді.

Компенсатор – 1) нивелирдің көздеуіш сызығын горизонталь жағдайға автоматты түрде ұстап тұратын құрылғы; 2) қашықтық өлшеуіш саптамаларындағы оптикалық құрылғылар; 3) теодолиттің вертикаль дөңгелегіндегі деңгейді нөлпунктте ұстап тұратын құрылғылар немесе компенсаторлы теодолиттер.

Координаталар жүйелері – координата осьтеріне қатысты жазықтықтағы нүктелердің орнын бір қатарлы, ал кеңістікте координаталар жазықтығына қатысты анықтаудың математикалық әдістері. Математикалық негізі бойынша к.ж-ін құруға географиялық, Гаусс проекциясындағы жазық тік бұрышты.

Көздеуіш нысана – жергілікті жерде жерасты тау-кен қазбаларында орнатылатын және көздеу үшін пайдаланылатын белгі, зат. Көздеуіш нысана ретінде жіпке немесе маркшейдерлік пунктке ілінген және жеке шырақ шамынан жарық түсетін тіктеуіш, кестелік сигнал, пирамиданың қадасы, т.б. қолданылады. Автоколлимациялық өлшеулерде К.н. ретінде айналар, айналы тік бұрышты призмалар, айналы-линзалы шағылдырғыштар мен айналы-нысаналы белгілер пайдаланылады. К.н-ның айналу осі немесе сурет ортасы жергілікті жерде және жерасты тау-кен қазбаларында бекітілген маркшейдерлік немесе геодезиялық белгі арқылы өтетін вертикаль сызықта орналасуы тиіс.

Көру дүрбісі – объектив пен окулярдан тұратын алыстағы заттарды қарауға және оларды көздеуге арналған телескопты оптикалық жүйе. Көру дүрбісінің үлкейтуі үлкен – 10-60 х, көру аясы шағын бұрышты – 1-30, шығу қарашығы шағын – 0,7-1,5 мм.

Көру дүрбісінің ұлғайтқыштығы – тангенс бұрышымен көрінетін параксиальды бейненің құралсыз көзбен көрінетін заттың тангенс бұрышына қатынасы.

Көру дүрбісінің ұзындығы – объективтің алдыңғы линзасының бірінші бетінің төбесінен, окулярдың артқы линзасының соңғы бетінің төбесіне дейінгі қашықтық.

Курвиметр – картала мен сызбалардағы қисық сызықтардың ұзындығын өлшейтін аспап.

Құралдардан болатын қателіктер – жер серіктеріндегі орналасқан аппаратурадағы жүйелердің дұрыс жұмыс істемеуіне байланысты қателіктер.

Лазерлі нивелир – екі нүкте биіктіктерінің айырмашылығын лазерлік сәуле арқылы анықтауға арналғанның аспап.

Лимб – металдан немесе оптикалық теодолиттерде шыныдан жасалған дөңгелек шкала ретіндегі бұрыш өлшегіш аспаптың (теодолиттің) жұмыстық өлшемі. Лимбтар горизонталь және вертикаль болып екіге бөлінеді.

Лимб ортасы – лимбтің барлық диаметрлерінің осьтері қиылысатын нүкте.

Линзалар – екі сфералық немесе бір сфералық және бір жазық беттер арқылы шектелген мөлдір дене. Линзалар өздерінің сындыру қызметіне, түскен жарық сәулелерін жинауына немесе шашыратуына байланысты оң немесе жинағыш, теріс немесе шашыратқыш болып бөлінеді. Линзалардың сфералық беттерінің ортасы арқылы өтетін тік түзу сызықты оптикалық ось деп атайды. Линзалардың оптикалық қасиеттері сындырғыш беттер қисықтарының радиустары, линзалардың қалыңдықтары мен сындырғыш көрсеткіштері арқылы анықталады. Линза зат нүктесінің шын мәніндегі пішінін бейнелейді.

Маркшейдерлік-геодезиялық аспаптарды қалыптасыру – олардың дәлдігін, дұрыстығын және сенімді жұмысын камтамасыз ететіндей жұмыс жағдайына келтіру шаралары.

Масштабтық сызғыш – геодезиялық, топографиялық және маркшейдерлік жұмыстарда сызықтық өлшемдерді масштабта салу үшін арнайы көлденең масштаб жазықтықтары сызылған металдан жасалған пластина.

Микрометр – маркшейдерлік-геодезиялық аспаптардағы есеп алу құрылғысының бір түрі.

Микроскоп – теодолиттің есеп алу құрылғысы. Олар бағалау микроскобы, шкалалы микроскоп және оптикалық микрометрлер болып бөлінеді.

Навигация – бағыт тәсілдерін тандайтын және көлік құралдарын жүргізу әдістері туралы ғылым; оның міндетіне: тиімді қозғалыс траекториясын табу, орналасу орнын анықтау, қозғалыс жылдамдығының мәні мен бағытын, басқа да объектілер қозғалысының параметрлерін анықтау кіреді.

Нивелир – екі нүкте биіктіктерінің айырмашылығын анықтауға арналған геодезиялық аспап. Ол горизонталь нысаналау сәулесі мен осы нүктелердегі вертикаль орнатылған рейкалар арқылы қолданылады. Конструкцияларының негізгі типтері бойынша нивелирлерді цилиндрлік деңгейлі нивелирлер және компенсаторлы нивелирлер болып екі топқа бөледі, соңғыларында нысаналау сызығы горизонталь жағдайға автоматты түрде келтіріледі. Дәлдігі жөнінен I және II класты нивелирлеуге арналған өте дәл нивелирлер, III және IV класты нивелирлеуге арналған дәл нивелирлер, зерттеу және құрылыс жұмыстарына арналған техникалық нивелирлер деп бөлінеді. Н-05 – оптикалық микрометрлік жоғары дәлдікті нивелир, биік айырымды 1 км-лік екі мәрте жүрісте 0,5 мм-ден аспайтын орташа квадраттық қателікпен анықтауға арналған. Н-3, Н-3К, Н-3Л нивелирлері – дәл, 1 км екі мәрте жүрісте биік айырымды 3 мм-ден аспайтын орташа квадраттық қателікпен анықтауға арналған, дәл аспаптар. Инженерлік-геодезиялық зерттеулерде, III және IV кластық нивелирлеу кезінде қолданылады. Н-10,

2Н-10Л, Н-10К, Н-10К.Л нивелирлері – І км-лік екі мәрте жүрісте биік айырымды 10 мм-ден аспайтын орташа квадраттық қателікпен анықтауға арналған техникалық нивелирлер. Қазіргі кездегі нивелир аспаптарында дүрбінің осін горизонталь жағдайға келтіру авторедукциялық компенсаторлар арқылы өздігінен жасалады.

Нивелирлік белгілер – геометриялық нивелирлеу пункттерін жергілікті жерде белгілеу және бекіту үшін орнатылатын белгілер. Нивелирлік белгілер тұрақты және уақытша, сондай-ақ іргетастық және грунттық реперлер, қабырғалық және шойын маркалар мен реперлер және т.б. болып бөлінеді.

Нивелирлік рейкалар – қылқан жапырақты ұзақ тұрған ағаштан жасалады. Рейканың бір жағы кара, екінші жағы қызыл бояумен боялады және цифрланады. Алып жүруге қолайлы рейкалар бүктемелі және жиналмалы болып келеді. Онда әрбір дециметр жазылады, ал сантиметрлік бөліктер санақ алуды жеңілдету мақсатымен 5 см сайын топтарға біріктірілген. Мысалы, Е әрпіне сәйкес топ 50 мм-ді көрсетеді. Рейканың ең кішкене бөлігінің сандық шамасы рейка бағасы деп аталады.

Окулярлық тор – оптикалық жүйенің бейнелеу жазықтығында орналасқан, айкасқан штрихтері, шкалалары немесе басқа белгілері бар параллель жазық шыны пластинка немесе дөңес линза.

Окулярлық иін – кремальераның көмегімен объективтен біршама жылжитын сыртқы фокустамалы көру дүрбісінің артқы бөлігі.

Оптикалық қашықтық өлшеуіштер – паралактикалық үш бұрышты шеуге негізделген аспап. Олар тұрақты бұрышты және өзгергіш базисті; тұрақты базисті және өзгергіш бұрышты болып екі түрге бөлінеді. Барлық маркашейдерлік-геодезиялық аспаптар тұрақты бұрыштық қашықтық өлшеуіш қылжіптерімен жабдықталған.

Оптикалық микрометрлер – теодолиттің есеп алу тетіктерінің бір түрі, яғни микрометрлік шкалалар бойынша есептеуге арналған оптикалық құрылғы. Оптикалық микрометрлерлі теодолиттерге 2Т2, 3Т2КП, Theo-015, Theo-010 және т.б. теодолиттер жатады.

Оптикалық сына – өте кіші сындырғыш бұрышы бар призма. Оптикалық сына компенсаторларда және қос бейнелі қашықтық өлшеуіштерде кеңінен қолданылады. Олар оптикалық аспаптарда жарық сәулесінің бағытын өзгерту, ауытқу бейнесін бұру және көру алаңын бөлу үшін қолданылады. Оларды аспапқа орналастыру жеңіл әрі қолайлы және шағылыстырғыш қырлары ұзақ уақыт сақталады.

Оптикалық центрлеуіш – 1) бұрыш өлшеуіш аспап тұғырының геометриялық осін, маркашейдерлік нүкте үстінде не астында центрлеуге қолданылатын және геодезиялық базисті өлшегенде базистік аспаптың сым шкаласы бойынша есептеуге пайдаланылатын аспап. О.ц. үлкейтілуі қарапайым түзу немесе иінді көздеуіш түтік болады. Ол стандартты тұғырықтың тесігіне қондырылған және екі айқыш тәрізді орнатылған цилиндрлік денгейлеуіштерімен жабдықталған. О.ц. тек қана зенитті көздеуге мүмкіндік берсе, екіжақты деп аталады; 2) маркашейдерлік нүктенің үстінде не астында тікелей аспаптың өзін центрлеу үшін бұрыш өлшеуіш аспапқа қондырылған құрылғы.

Осьтер жүйесі – өлшеулерді алдын ала берілген дәлдікпен белгіленген әдістеме бойынша орындау үшін есептелген және құрастырылған маркшейдерлік-геодезиялық аспаптардың вертикаль немесе горизонталь механикалық осьтерінің жүйелері төрт типке бөлінеді: 1) аспаптың конустық немесе цилиндрлік осі лимб бекітілген тұғырық төлкесімен айналмалы қосылған; 2) әдетте алидаданың конустық осі лимб төлкесімен айналмалы жалғасқан, ал бұрыш өлшеуіш аспаптардың қайталаулар типтерінде лимба төлкесі тұғырық төлкесімен қосылған; 3) әдетте алидаданың цилиндрлік осі тұғырық төлкесімен айналмалы қосылған, ал соңғының сыртқы айналу бетімен лимб төлкесі жалғасқан; ол көбінесе лимб бұрылатын аспаптарда қолданылады; 4) тұғырық төлкесінде айналатын алидада осімен лимба төлкесі айналмалы қосылған; бұрылатын лимбасы бар қайталаулар типті бұрыш өлшеуіш аспаптарда қолданылады. Қазіргі бұрыш өлшеуіш аспаптардың горизонталь осьтері әдетте жабық болып жасалады, ал осьтер үшін төлкелер алидада бағанасында бекітіледі. Кейбір аспап типтерінде төлкелердің біреуінде эксцентриктік құрылғы бар. Оны бұрып, горизонталь остің көлбеулігін жөндеуге болады.

Орта (центр) – 1) шеңбердің, шардың О-сы – шеңбердің (шардың) барлық нүктелерінен тең қашықтықтағы нүкте. 2) эллипс О-сы – оның үлкен және кіші осьтерінің қиылысқан нүктесі. 3) дененің ауырлық О-сы – белгілі бір дененің жеке бөліктеріне әсері бар, барлық ауырлық күштің тең әсерлі түсіру нүктесі.

Өлшеу жүйесі – арасы байланыс каналымен жалғасқан өлшеу құралдары мен (өлшеулер, өлшеу аспаптары, өлшеу түрлендіргіштері) қосымша құрылғылар жиынтығы; өлшеу ақпаратының сигналын автоматты өңдеуге, беруге және автоматты басқару жүйелерінде қолданылады.

Өлшеу құралы – өлшеулер кезінде пайдаланылатын және нормаланған метрологиялық қасиеттері бар техникалық құрал.

Өлшеулер дәлдігі – өлшенетін шаманың шын мәніне жуықтығын бейнелеп көрсететін өлшеу нәтижесінің сапасы. Жоғары өлшеулер дәлдігі жүйелі және кездейсоқ қателіктердің барлық түрінің аз ғана шамасына сәйкес болады. Сандық дәлдік, салыстырмалы қателік модуліне кері шамамен білдірілуі мүмкін. Мысалы, өлшеулер қателігі 10-4 болса, онда дәлдік 104 болады.

Плоттер – деректерді қағазға графиктік түрде шығаруға арналған бейнелеу құрылғысы.

Позиционирлеу (GPS receivers, GLONASS receivers, GPS /GLONASS receivers) – позиционирлеу мақсатындағы жер серігінен сигнал қабылдайтын электронды құрылғы.

Призмалар – геодезиялық аспаптарды жарық сәулесінің бағытын өзгерту, бұру үшін призмалар пайдаланылады. Призмалардың, сындырғыш және толық ішкі шағылыстыру деп аталатын екі түрі бар. Сындырғыш бұрышы өте кіші призманы оптикалық сына деп айтады. Оптикалық сына компенсаторларға кеңінен қолданылады. Ішкі толық шағылысу призмалары – жылтыр қырлары бар мөлдір денелер. Олар оптикалық аспаптарда жарық сәулесінің бағытын өзгерту, ауытқу бейнесін бұру және көру алаңын бөлу үшін қолданылады. Бұл призмалар шағылыстырғыш айналарға қарағанда көптеген артық-

шылығы бар. Оларды аспапқа орналастыру жеңіл әрі қолайлы және шағылыстырғыш қырлары ұзақ уақыт сақталады.

Бұл призмалар көптеген маркашейдерлік-геодезиялық аспаптарда, мысалы оптикалық теодолиттерде, лимб бейнелерінен санақ алу микроскоптарына беруде, көптеген авторедукциялық нивелирлерде кеңінен қолданылады.

Редуция – координаталарды бір жүйеден басқа жүйеге түзетуді енгізе отырып ауыстыру.

Рен – маркашейдерлік-геодезиялық аспаптардың есе алу құрылғыларының тетрологиялық сипаттамасы. Түзу аспаптарда реннің шамасы негізгі шкала бағасының 0,2% аспауы керек.

Референцті нүкте (станция, тикет) – жерсеріктік анықтауға дейінгі координаталары белгілі пункт.

Сәулелік өлшеу әдісі – анықталатын пункттер жүйесі, бір тірек нүктесінен координатталады.

Секстант – астрономиялық бұрыш өлшеуіш аспап, ол аспан шырағының биіктігін өлшеу бір мезгілде шырақты және деңгейжиек сызығын көруге негізделген.

Сканер – деректерді жоғары мүмкінділікпен автоматты енгізуге арналған бейнені ұқсастық-сандық түрде түсіру аспабы.

Стереоавторгаф – жердегі стереофотограмметриялық түсірістің суреттері бойынша карталарды, пландарды және профильдерді жасау үшін қолданылатын аспап. Аспапта тура фотограмметриялық қиылыстыру нүктелердің пландық орнын және биіктік белгілерін анықтау орындалады.

Стереоскоп – суретке түсірілген нысанның көлемдік бедерлік бейнесін ұғыну мақсатымен стереожұпты қарауға арналған аспап.

Сызық (штрих) – 1) сызықтық немесе бұрыштық шкаланың өлшенетін шамасы біраз мәніне сәйкес сызық түріндегі белгісі. Шкала С-тары есептеуге қолайлы болу үшін ұзындығы бойынша өлшенетін шаманың бірліктері қысқа, бестік бөлігі ұзынырақ, ондықтары одан да ұзын болып белгіленеді. Әдетте әрбір ондық сызық санмен белгіленген. Кейбір аспаптарда санақ дәлдігін арттыру үшін екі (биффилярлық) сызық салынады, олардың арасына оптикалық микрометрдің сызық-көрсеткішін енгізеді; 2) шыны пластинкаға өңдеумен немесе металға шандатумен салынған жіңішке сызық. Ол көру дүрбісімен көздеуге немесе дүрбінің көру аясындағы рейка бейнелері бойынша шкалаларды есептеу үшін көрсеткіш ретінде пайдаланылады.

Сызықтық өлшеу аспаптары – жергілікті жерде сызықтардың ұзындығын өлшеу таспаларын не сымдарын біртіндеп салу арқылы өлшеуге арналған аспаптар. Маркашейдерлік-геодезиялық жұмыстарда әр түрлі сызықтық өлшеу аспаптары, оның ішінде көбінесе ұзындығы 20 м, ені 10 мм-ден 25 мм-ге дейін, қалыңдығы 0,2-0,44 мм өлшеуіш таспа қолданылады. Маркашейдерлік-геодезиялық жұмыстарда ұзындықтары 5, 10, 20, 30 және 50 м металл немесе тоқыма баулы рулеткалар көп қолданылады.

Тубус – көру дүрбісінің немесе микроскоптың сыртқы фокустамамен жылжымалы бөлігі.

Тахеометр (грек. Tachus – тез және metreo – өлшеймін) – тахеометриялық түсірістері жүргізуге қолданылатын, жергілікті жерде горизонталь бұрыштарды, арақашықтықтар мен өзара биіктіктерді өлшеуге арналған топографиялық аспап. Т-лер қатарына вертикаль дөңгелегі және дүрбісінде қашықтық өлшеуіш жіптері бар әдеттегі 30 секундтық теодолит жатады. Т-лер оптикалық-механикалық және электрондық-оптикалық болып бөлінеді.

Тахеометр экраны – бұрыш өлшеуіш-тахеометрдің жабдығы; проекциялау көзбен шолу, қашықтық өлшеуішті тексеру үшін пайдаланылады. Дөңгелек орнату деңгейлеуіш және стандартты тұғырықта вертикаль орналастыру үшін бакспен жабдықталған. Пластина ақ түске боялып, бір жағында сызықтық шкала салынған.

Теодолит (грек. theadomai – қараймын және dolichos – ұзын) – горизонталь және вертикаль бұрыштарды және жіптік қашықтық өлшеуіштің көмегімен арақашықтықты өлшеуге арналған маркшейдерлік-геодезиялық аспап. Зерттеу және құрылыс жұмыстарына арналған Т-тер әдетте буссольдармен, ал олардың кейбіреулері дүрбісінде цилиндрлі деңгейлеуіштер және қашықтық өлшеуіш саптамамен жабдықталады. Т-тің бұрыш өлшеуіш дөңгелектері металл және шыныдан жасалады. Біріншілерінің есептеу тетігі – микроскоп-микрометрлер, шкалалық микроскоптар және верньерлер, ал екіншілерінде оптикалық микрометрлер, шкалалық және штрихтық микроскоптар болады. Шыны дөңгелегі бар Т-тер оптикалық Т-тер деп аталады. Осьтерінің құрылысы бойынша Т-тер қарапайым және бұрыштарды қайталау әдісімен өлшеуге мүмкіндік беретін қайталауыш болып бөлінеді. Т-тер жоғары дәлдікті, дәл және техникалық болып бөлінеді.

Технокарт – жердегі стереофотограмметриялық түсірістің суреттерін өндеуге арналған жоғарғы дәлдікті фотограмметриялық аспап. Технокартта фокустық қашықтығы 50-ден 125 мм-ге дейінгі фотокамералармен түсірілген әр түрлі пішіндегі (23 x 23 см-ге дейін) фотосуреттерді проекциялауға мүмкіндік болады.

Топография (грек. topos – орын, жергілікті жер және grapho – жазу) – жер бетін геометриялық жағынан толық зерттеумен және осы бетті жазықтықта топографиялық карталарда немесе пландар түрінде бейнелеу әдістерін белгілеумен айналысатын ғылыми пән. Топографиялық картаның түпнұсқасын жасау жөніндегі нақтылы жұмыстар топографиялық түсірістер деп аталады. Олар қолданылатын техникалық құралдарға байланысты аэрофототопографиялық, мензулалық және фототеодолиттік түсірістерге бөлінеді. Республика аумағын картографиялау мақсатында түсірудің негізгі түріне аэрофототопографиялық түсіріс жатады.

Үшаяқ (штатив) – металл басынан және онымен тоспалы бекітілген үш ағаш немесе металл аяқтардан тұратын маркшейдерлік-геодезиялық аспап.

Фотограмметриялық аспаптар – топографиялық карталарды, пландарды немесе фотопландарды жасау кезінде фотосуреттерді өндеуге арналған оптикалық-механикалық аспаптар. Фотограмметриялық аспаптар екі түрге бөлінеді: 1) жеке аэрофотосуреттерді өндеуге арналған: фототрансформатор, проекторлар, оптикалық плантографтар және т.б.; 2) стереоскопиялық жұптарды өндеуге арналған аспаптар, олар мынандай үш топқа

бөлінеді: фотосурет нүктелерінің жазық бұрышты координаталарын, стереожұптардың параллактарын және олардың айырымдарын өлшеуге арналған аспаптар; аэрофотоиопографиялық түсіріс кезінде аэросуретте жер бедерін сызуға арналған аспаптар; аэрофотоиопографиялы әдіспен карта жасағанда камералық жұмыстардың барлық кешенін орындауды қамтамасыз ететін әмбебап аспаптар.

Фототеодолит – фотокамера және теодолиттің бір аспапқа құрылымдық біріктірілген түрі. Фотокамерамен жергілікті жер суретке түсіріледі, ал теодолитпен суретке түсіру нүктелерінің координаталарын анықтау үшін қажетті өлшеулер жүргізіледі.

Футшток – өзендердің, көлдердің, теңіздердің су өлшеу постарында су деңгейін байқап отыру үшін орнатылған бөлшектері бар рейка (тақтайша). Сонымен қатар теңіздің негізгі футштогы оның орташа деңгейін анықтау үшін және биіктіктер мен тереңдіктерді есептеп шығару үшін оның бастапқы деңгейін анықтауға қолданылады.

Цифрлы карта – картография заңдылықтарымен карта үшін қабылданған проекцияда, бетке бөлінуде, координаталар және биіктіктер жүйесінде, дәлдігі және мазмұны бойынша белгілі масштабтағы картаға сәйкес жасалынып, апарат машинада белгіленген құрылым мен кодта жасалған жергілікті жердің цифрлық картасы.

Шалқаймалы айналар – шыныдан, металдан немесе басқа бір материалдан жасаған, заттың дұрыс бейнесін көрсететін жылтыр пластина. Айна ешқандай өзгеріссіз, сол заттың шамасына тең бейнесін көрсетеді. Айнаның осы қасиеті магниттік аспаптарда – бус-соль және деклинаторда, екі айналы экерде, теодолиттен есеп алуда қолданылады.

Шартты биіктік белгі – шартты түрде алынған деңгейлік беттен есептелген нүктенің биіктігі.

Шкала бөлігінің бағасы – шкаланың іргелес екі белгісіне сәйкес келетін шамалар мағынасының айырымы.

Шкалалы микроскоп – теодолиттің есеп алу тетіктерінің бір түрі, яғни тең өлшемді шкалалар бойынша есептеуге арналған оптикалық құрылғы. Шкалалы микроскопты теодолиттерге 2Т30, Т30М, 5Т5КП, The020 т.б. жатады.

Экер – жер бетінде және жерасты тау-кен қазбаларында 45° , 90° және 135° бұрыштарды құруға арналған аспап. 90° бұрыш жасайтын экер айкастырылған екі диоптрдан тұрады, оның төменгі жағы ұстап тұруға немесе қазыққа орнатуға ыңғайлы төкемен жабдықталған. Қолданыста көп таралғаны бір-біріне 45° қылып орнатылған екі айналы экер.

Эклиметр – жер бетіндегі және жерасты тау-кен қазбаларындағы сызықтың еңістік бұрыштарын өлшеуге арналған қолайлы қалталық аспап. Біржақты лимбі, лимбіні тоқтату құрылғысы және қимасы тік бұрышты көздеу түігімен бекітілген көру көру саңлауы бар дөңгелек жабық қорап түрінде жасалған.

Эксцентриситет – аспап бөлшегінің айналу осі мен оның ортасы арасындағы қашықтық. Лимб эксцентриситеті – лимбтің айналу осі мен оның шеңберлі шкаласының ортасы арасындағы қашықтық. Алидада эксцентриситеті алидаданың айналу осі мен есептеу құрылғысының карама-қарсы екі көрсеткіші ортасында орналасқан нүкте арасындағы қашықтық. Көру дүрбісінің эксцентриситеті теодолиттің перпендикуляр

бойындағы вертикаль осінен дүрбінің көздеу сызығына дейінгі қашықтық. Сигналдың эксцентриситеті көздеу маркасының айналу осынен оның суретінің симметрия осыне немесе пластина шеттеріне дейінгі қашықтық.

Электрондық тахеометр – жер бетінде горизонталь бұрышты, горизонталь арақашықтық пен өзара биіктікті өлшеуге арналған топографиялық электрондық-оптикалық аспап. Э.т-дің құрылымында кодтық теодолит пен шағын жарық қашықтық өлшеуіш біріктірілген. Көздеу нысанасы ретінде шағын габаритті призмалық шағылдырғышы бар арнайы када қолданылады. Өлшеу процесі автоматтандырылған. Арақашықтықты, горизонталь және вертикаль бағыттарды өлшеу нәтижелері электрондық цифрлық таблода көрінеді және ол бір мезгілде ақпаратты жинағышта тіркелуі мүмкін. Перфорациялық тіркеудің мәні – далалық өлшеу аспабының мамандандырылған электрондық есептеу машинасымен қосылуында. Ол даладағы өлшеулердің мәліметтері бойынша автоматты түрде жергілікті жердің түсіру планын сызады. Э.т-дің көмегімен өзара биіктікті анықтаудың, көлбеу қашықтықты горизонталь жазықтыққа келтірудің автоматты түрде атқарылуы. Сондай-ақ, жарықтың ауада таралуын жылдамдығы үшін түзетудің автоматты түрде есепке алынуы мүмкін. Тахеометр жинағына шағылдырғыштар, штативтер, коректендіру көздері, зарядтау құрылғысы, аспапты жөндеу және күтіп ұстау жабдықтары кіреді. Оның түнде жұмыс істеуге арналған жабдығы бар. Цифрлық таблоға берілетін жедел ақпарат пен жадтағы ақпараттық жинағышқа шығарылуына мүмкіндік бар.

ASCII – жерсеріктік деректерді көрсететін мәтіндік формат.

EUREF – Еуропалық референцтік каркас.

IGS (International GPS Service) – барлық жер шарын қамтитын халықаралық геодинамикалық жүйе.

NNSS (Navy Navigation Satellite System – Transit), США), «Цикада» (КСРО) – әскеритеніз күштеріне арналған алғашқы жерсеріктік навигациялық жүйелер.

NAVSTAR – Navigation Satellite Timing and Ranging, АҚШ-тың көп функциялы жасанды навигациялық жерсерігі.

OTF (Ambiguity fixing on the fly) – ұшудағы арнайы жылдам істеуші әдіс.

C/A-код – жалпыға мәлім ЖРНЖ GPS радиодальномерлі коды.

Rapid Static – дифференциалдық жерсеріктік бақылауларды үдете отырып статикалық орындау.

Static – екі қозғалмайтын қабылдағыш арасындағы дифференциалдық жерсеріктік бақылауларды статикалық орындау мерзімі.

WGS-84 – 1984 ж. дүниежүзілік геодезиялық координаталар жүйесі.

RINEX – әр түрлі типтес қабылдағыштар арасындағы тәуелсіз ауысым форматы.

Редуция – координаталарды бір жүйеден басқа жүйеге түзетуді енгізе отырып ауыстыру.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Геодезическое оборудование программное обеспечение периферийных устройства ПК. – Каталог 2003-2004. ТОО Фирма Геосистема.
2. Спиридонов А.И., Кулагин Ю.Н. Справочник-каталог геодезических приборов. – М.: Недра, 1984.
3. Савиных В.П., Яценко В.Р. Геодезические и фотограмметрические приборы. – М.: Недра, 1991.
4. Пащенко В.З. Радио и светодальномеры. – М.: Недра, 1985.
5. Спиридонов А.И., Кулагин Ю.Н., Кузьмин М.В. Проверка геодезических приборов. – М.: Недра, 1981.
6. Кузнецов П.Н., Васютинский И.Ю., Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментование. – М.: Недра, 1984.
7. Захаров А.И. Геодезические приборы. Справочник. – М.: Недра, 1989.
8. Ямбаев Х.К. Специальные приборы для инженерно-геодезических работ. – М.: Недра, 1990.
9. Кузнецов П.Н., Васютинский И.Ю., Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментование. – М.: Недра, 1984.
10. Плотников В.С. Геодезические приборы. – М.: Недра, 1987.
11. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2004.
12. Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования. – М.: ИКФ «Каталог», 2002.
13. Т.Қ. Қалыбеков, М.Б. Нұрпейісова, Қ.Б. Рысбеков және т.б. География және геодезия. Қазақ тілі терминдерінің салалық ғылыми түсіндірме сөздігі. – Алматы: Мектеп, 2007.
14. М.Б. Нұрпейісова, Қ.Б. Рысбеков. Геодезиялық аспаптар. – Алматы: КазНТУ, 2010.
15. Н. Нұрпейісова. Геодезия. Оқулық. – Астана: Фолиант, 2010

«Жогары білім» сериясы

**Нұрпейісова Маржан Байсанқызы,
Рысбеков Қанай Бақытұлы**

**ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ЖӘНЕ
МАРКШЕЙДЕРЛІК АСПАПТАР**

Оқулық

*Редакторы Ажар Ермішева
Көркемдеуші редактор Жеңіс Қазанқапов
Корректоры Айнұр Ештанаева
Компьютерде беттеген Дәурен Тұрсынбекұлы*

Басуға 15.02.13 қол қойылды.
Пішімі 70х90 $\frac{1}{16}$. Қағазы офсеттік. Офсеттік басылыс.
Шартты баспа табағы 14,04.
Тапсырыс №0044. Таралымы 1000 дана.