

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. Б. РЫСБЕКОВ

**ГЕОДЕЗИЯДАҒЫ ЖЕРСЕРІКТІК
РАДИОНАВИГАЦИЯЛЫҚ
ЖҮЙЕЛЕР**

ОҚУЛЫҚ

*Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым
министрлігі бекіткен*

Алматы, 2011

ӘОЖ 528(075.8)

КБЖ 26.12я73

Р 94

Пікір жазғандар:

Техника ғылымдарының докторы **Л. С. Шамғанова;**

Техника ғылымдарының докторы, **профессор Т. Қалыбеков;**

География ғылымдарының кандидаты, **доцент Н. Н. Керімбай.**

Қ. Б. Рысбеков

Р94 Геодезиядағы жерсеріктік радионавигациялық жүйелері: Оқулық. – Алматы: 2011. 224 б.

ISBN 978-601-80220-2-9

Оқулықта пән курсының мазмұнына қатысты геодезиядағы радионавигациялық жерсеріктік жүйелердің негізгі бағыты, міндеті, студенттердің GPS-пен жұмыс жүргізуі сондай-ақ, Жер серігінің радионавигациялық жүйелері туралы деректер қарастырылған. Сонымен қатар, қолданылатын құралдардың негізгі конструкциялық ерекшеліктері және жоғарғы дәлдіктегі жерсеріктік өлшеу және есептеу нәтижелерінің дәлдігін бағалау әдістері мен жалпы теориялық негізі қамтылған. Жер серіктерімен құрылатын геодезиялық тораптарды жобалау және теңестіру ерекшеліктері, сол сияқты геодезиялық тапсырмаларды жерсеріктік жүйелермен кең ауқымда шешу мәселелері келтірілген. Суреттер, кестелер, әдебиеттер тізімі берілген.

Оқулық геодезия, жерге орналастыру, кадастр, және тау-кен ісі саласында жерсеріктік жүйелерін пайдалану бойынша білім алып жатқан студенттерге, магистранттарға, сонымен қатар осы саламен айналысатын мамандарға арналған.

ӘОЖ 528(075.8)

КБЖ 26.12я73

ISBN 978-601-80220-2-9

© Рысбеков Қ.Б., 2011

© ҚР Жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2011

АЛҒЫ СӨЗ

Жерсеріктік навигациялық жүйелері ГЛОНАСС, GPS және GALILEO жер және ғарыштық саланы бағындыра отырып, адамзат қызметінің барлық саласына қарқынды енуде.

Жерсеріктік жүйелерін радиобайланыс, метеорологиялық болжау, қашықтықтан зондтау, әскери істе, т.б. мақсатта пайдаланады.

Қазіргі кезеңде екінші буынның үш: – американдық, еуропалық және ресейлік жүйелер қолданылуда, яғни, американдық жерсеріктік жүйесі – Global Positioning System (GPS) және ресейлік ГЛОНАСС (ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйесі) жүйесі қолдануда. Бүгінгі таңда еуропалық GALILEO атты жүйесі өз жұмысын атқаруда. Сонымен қатар қазақстандық КазSAT–1 жерсерігі ғарышқа ұшырылды, бірақ ол сәтсіздікке ұшырап, осы орайда КазSAT–2 жерсерігінің ұшырылуға дайындық үстінде.

Негізгі GPS және ГЛОНАСС жүйелері екі: еліміздің қорғанысы және азаматтық мақсатта жұмыс істейді. Әрине, бұл жүйелері заман талабына сай күннен-күнге жетілдіріліп жаңартылуда.

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында сегіз орбиталық позицияға жоспарланған, он бір жерсеріктік желі үйлестіру сатысында тұр.

2008 жылы Астанада «Қазақстан Республикасының Үкіметі мен Ресей Федерациясының Үкіметі арасындағы Ғарыш кеңістігін бейбіт мақсаттарда зерттеу және пайдалану саласындағы ынтымақтастық туралы келісімді ратификациялау туралы» заң жобасын мақұлдаған.

Аталған келісімнің көздейтіні - ғарыш кеңістігін бейбіт мақсаттарда зерттеу және пайдалану саласындағы өзара тиімді ынтымақтастық үшін құқықтық және ұйымдастырушылық негіздер құруға жәрдемдесу. Соған орай, келісім аясында бірқатар салаларда ынтымақтастық жүзеге асады. Атап айтқанда, ғарыш кеңістігін зерттеу, Жерді қашықтықтан зондтау, ғарыш аппараттарын, шығару құралдарын және ғарыш қызметімен байланысты өзге де жабдықтарды әзірлеу, ғарыштық байланыс және соған қатысты аппараттық технологиялар мен қызметтер көрсету, спутниктік

навигациялық жүйелер мен технологиялар салаларында өзара ынтымақтастықты жүргізу көзделеді. Осы бағыттағы ынтымақтастық бойынша бірлескен бағдарламаларды, жобаларды, оның ішінде үшінші елдердің қатысуымен жоспарлау және жүзеге асыру шаралары қарастырылады. Бұдан бөлек, ғылыми, техникалық ақпаратпен, арнайы біліммен, сынақтық деректермен және басқа да дүниелермен өзара алмасу көзделеді. Сонымен қатар, ғарыш кеңістігін бейбіт мақсаттарда пайдалану мен зерттеу әрі осы саладағы технологиялық жаңартуларды практикалық қолдану шаралары жоспарланады.

Оқулықта оқырмандар объектілердің кеңістіктегі жағдайының параметрлерін анықтауға арналған жерсеріктік жүйелерінің құрылысы мен қолдануымен танысады. Объект орнын анықтаудағы заманауи радиоэлектрондық жерсеріктік жүйесінің жалпы принциптері мен жоғарғы дәлдікте координат алуға арналған өлшеу және есептеу әдістері, жерсеріктік технологияларында қолданылатын координат жүйесі мен уақыты, олардың өзгеруінің сипаттамалары оқулықта жан-жақты қарастырылған.

Сонымен қатар өндіріс объектілеріндегі геодезиялық өлшеуді жобалау мен ұйымдастыру, өлшеу нәтижелерін алдын алу және соңғы өңдеу, сол сияқты геодезиялық тораптарды теңестіру процестеріндегі жерсеріктік қабылдағыштарын пайдалану жолдары келтірілген.

Жерсеріктік технологияларын қолдану негізінде геодезиялық тапсырмаларды шешу ерекшеліктері, олардың геодезия және навигациядағы даму келешегі қарастырылған.

Оқулық геодезия саласы бойынша білім алып жатқан студенттерге, магистранттарға сондай-ақ осы саламен шұғылданатын мамандарға пайдасын тигізеді деп ойлаймыз.

КІРІСПЕ

Соңғы кезеңдерде өлшеу құрал жабдықтары түбегейлі өзгеріске ұшырауда, олардың айғағы – геодезиялық жерсеріктік және навигациялық қабылдағыштар. Бірақ айталық, осы орайда жерсеріктік технологияларын геодезиялық қолдану мәселелері бойынша оқу-әдістемелік әдебиеттерінің жеткіліксіздігі заманауи геодезия саласы үшін, геодезия мен картография бағыты бойынша мамандар дайындауда өзекті мәселе екенін атап кету жөн.

Жерсеріктік радионавигациялық жүйелер (ЖРНЖ) дегеніміз – навигациялық мәселелерді шешу мен жергілікті жердің нүктелерінің координаталарын, жердің арнайы навигациялық жасанды серіктерінен (ЖНЖС) берілетін, тірек нүктелері қызметін атқаратын радиосигналдар бойынша анықтауға (орнын анықтау, позициялау) арналған техникалық құралдар кешені.

ЖРНЖ-ның пайда болуы, геодезияның қолданбалы бағыты ғарыштық (жерсеріктік) геодезия ғылыми пәнінің даму нәтижесі болды. ЖРНЖ-ны құру – бұл ғарыштық геодезияның орбиталдық әдісін практикада іске асыру, оның мәні – жер беті нүктелерінің координаталарын ЖНЖС-нің белгілі координаталары бойынша анықтау.

Жүйе атауында «навигациялық» деген сөздің болуы, алғашқы осындай жүйелердің теңізде жүзуді навигациялық қамтамасыз етуге арналғандығымен түсіндіріледі.

Геодезия есептерін шешу үшін ЖРНЖ-ні пайдалану көп функциялы жерсеріктік жүйелер пайда болғанда қажеттікке жарады. Онда пункттердің координаталарын мм-ге дейінгі дәлдікпен анықтауға мүмкіндік беретін ЖНЖС-тен, объектіге дейінгі арақашықтық фазалық өлшеу әдісімен іске асырылды.

ЖРНЖ мүмкіндіктерін ұлғайтуға:

- мәндерді анықтау әдісін жетілдіру, оның негізінде жер бетінің нүкте координаталарын есептеу (ЖНЖС орбиталарының координаталары немесе элементтері, уақыт, т.б.);
- радиотехникалық құралдарды жетілдіру (үлкен көлемді

ақпараттарды тасымалдайтын кең өрісті радиосигналдарды тарату мүмкіндігі);

- есептеу техникасын жетілдіру (тұтынушы аппаратураны компьютерлік технология базасы негізінде құру) сияқты негізгі факторлар мүмкіндік береді.

Оқулық курстық жоба, өзіндік және зертханалық жұмыстарды орындау мақсатында геодезия, картография, аэрофотогеодезия, жерге орналастыру, кадастр, маркшейдерия, тау-кен ісі, және инженерлік геология мамандық бағыты бойынша оқитын студенттерге ұсынылады.

1-БӨЛІМ. ГЕОДЕЗИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖАСАНДЫ ЖЕРСЕРІКТІК ЖҮЙЕСІ

1.1. Жасанды жерсеріктік жүйелерінің даму тарихы

Жерсеріктік геодезиясы жасанды Жер серігінің (ЖЖС) көмегімен жер бетіндегі дәл геодезиялық өлшеулерді орындауға бағытталған, ол XX ғасырдың 50-жылдар аяғында алғашқы жер серігін ұшырғаннан кейін дами бастады.

Өткен соңғы 50 жылда геодезияның осы саласы үздіксіз жетілдіріліп, әр кезеңде даму үстінде болды. Оларды шартты төрт кезеңге бөлуге болды [1,7,8]:

Алғашқы кезеңі негізінен 1958-1970 жылдарды қамтиды. Бұл кезеңде ЖЖС-ні бақылау әдістері, сондай-ақ олардың орбиталарын есептеу мен талдау әдістері жасалды. ЖЖС-ті бақылаудың негізгі әдісі, арнайы құрастырылған фотокамера арқылы іске асырылатын фотографиялық әдіс болды. Бақылаудың өңделген әдісі негізінде ғарыштық триангуляцияның ғаламдық желілері, Жер моделі жасалып, Жердің гравитациялық өрісі зерттелді. Бұл пункт координаталарын анықтау әдісінің кемшіліктері: екі пунктте бір мезгілде синхронды бақылауды ұйымдастыру қиындығы, бір-бірінен едәуір қашықтықта тіркелген екі пункттен, бір уақытта жер серігінің көрінуін қамтамасыз ететін жақсы ауа райы жағдайларының қажеттілігі.

1970-1980 жылдары ЖЖС дамуының екінші кезеңі болды. Бұл кезеңдерде ЖЖС-ні бақылаудың жаңа әдістері, яғни лазерлі және радиотехникалық қашықтық өлшеуіш, жерсеріктік альтиметрия жасалды.

ЖЖС-нің фотографиялық бақылау әдісі: триангуляция әдісі мен ғаламдық геодезиялық желіні құру кезінде кейбір қиыншылықтар туындады. Сондықтан, пункттердің координаталарын анықтау үшін ЖЖС-ге бағыттарды анықтау әдістерінің орнына, оларға дейінгі арақашықтықты өлшеу әдістері, сонымен қатар нүкте орнын анықтау мәселелерін жерсеріктік геодезияда шешу үшін трилатерация әдістері қолданыла бастады. Осы кезеңде алғашқы жерсеріктік навигациялық жүйе (Navy Navigation Satellite System) «Transit» деген

атпен белгілі болды. Ал «Цикада» (КСРО) 1979 жылы пайдалануға енгізіліп, әскери-теңіз флотының мұқтаждықтарын навигациялық қамтамасыз етуге қажет болды. ЖНЖС-нің алғашқы буынына – апат болғандарды анықтайтын COSPAS – SARSAT халықаралық жүйесі жатады.

Алғашқы шыққан барлық жерсеріктік жүйелердің өзіне тән кемшіліктері болды. Оларға – аймақты шектеулі қамту, координаталарды анықтаудың төменгі дәлдігі және навигациялық мәселелерді ұлғайтуға қажет уақыттың үлкен аралығы жатады. ЖЖС-ке дейінгі арақашықтықты өлшеу *Доплер әдісіне* негізделеді.

Үшінші кезең – 1980-1990 жылдар. Бұл кезең көп функциялы NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging, США) ЖРНЖ-ні жасалумен ерекшеленеді. Ол бізге GPS (Global Position System) және ГЛОНАСС (Ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйе, Ресей) аббревиатурамен белгілі.

Төртінші кезең – 90 жылдардың ортасынан басталады. Бұл кезең әлемдік ғарыштық державаларға айналған елдердің заманауи жерсеріктік технологияларын жаңғыртып дамытуы болды. Оларға Ресей, АҚШ, Қытай, Үнді, Франция. Жапон елдері және т.с.с.. Сонымен қатар осы жылдың аяғында Еуропалық ғарыштық Агенттігінің (ESA) бағдарламасы қарқынды жұмыс істеп, осы бағдарламаға Қытай, Израиль, Украина, Үндістан, Сауд Арабиясы, Марокко елдері енді.

Жұмыс істейтін навигациялық жүйелердің негізгі қызметі географиялық координат жүйесінде объект орнын анықтау, оның орын ауыстыру жылдамдығын өлшеу және дәл уақыттағы сигналды тарату болып табылады.

1.2. Жерсеріктік радионавигациялық жүйелерді құру принциптері және геодезиядағы маңызы

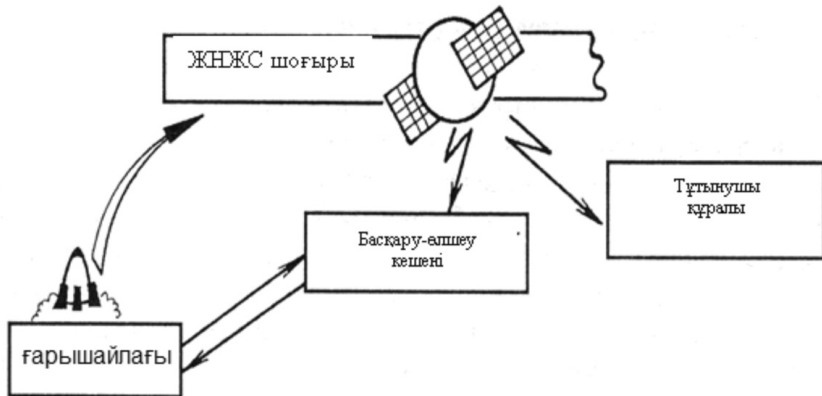
Координаталарды анықтаудың жерсеріктік технологияларының геодезиядағы маңызы. Геодезияда ЖРНЖ-ні пайдалану артықшылықтарына [1]:

- геодезиялық торап пункттері арасында тура көрінуді қамтамасыз етуге арналған сыртқы сигналдарды құрудың қажетсіздігі;
- базистік қабырғалардың ұзындығы мен геодезиялық тірек торап қабырғаларының шексіздігі;
- ауа райы жағдайы мен уақытқа тәуелсіздігі;

- жерге жақын тұрақсыз атмосфералық қабатты өлшеу дәлдігіне әсердің болмауы;
- арақашықтықты біржақты өлшеу әдісін пайдалану;
- қозғалыста координаталарды жоғарғы дәлдікпен анықтау мүмкіндігі;
- пландық және биіктік тораптарды құру мүмкіндігі;
- координаталарды анықтау бойынша жұмыстарды автоматтандырудың жоғарғы дәрежесі жатады.

ЖРНЖ-ні геодезияда қолдану геодезиялық мәселелерді шешудің дәстүрлі әдістерімен салыстырғанда, еңбек өнімділігі мен оның тиімділігін жоғарылатады, өлшеу дәлдігін арттырады.

ЖРНЖ-нің құрылымдық сызбанұсқасы – ғарышайлағынан, ғарыштық сектордан, тұтынушы секторынан, бақылау мен басқару секторынан тұрады (1-сурет). Осындай құрылым, жерсерігінен жердегі пунктке дейінгі ара қашықтықты өлшеудің біржақты әдісін іске асыруға бағытталған. Бұл жағдайда жүйе – жердің навигациялық жасанды серіктерінің навигациялық радиосигнал беруші аппараты мен тұтынушы секторының қабылдағышынан тұрады.



1- сурет. ЖРНЖ-нің құрылымдық сызбанұсқа

Ғарышайлағы – жасанды навигациялық жер серігін жеткізгіш зымыран арқылы берілген орбиталарға шығарылуын қамтамасыз етеді. Қазіргі заманғы ЖНЖС-нің ресурстары шамамен 10 жылды құрайды және ол қозғалтқыш отын қорының мөлшеріне тәуелді. Сол арқылы орбитаның берілген уақытқа дейінгі кезеңдік түзетуін

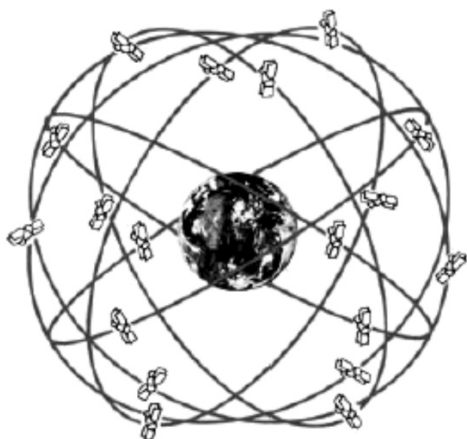
жүргізеді. ЖНЖС есептеу орбитасынан, Жердің гравитациялық өрісі және басқа планеталардың, атмосфераның кедергісінен басқа да қалыпсыз факторларының әсерінен шығады.

Ғарыштық сектор белгілі мөлшердегі ЖНЖС-ден тұрады. ЖНЖС жиынтығын – *шоқ жұлдыз* деп атайды. ЖРНЖ-нің жұмыс істету идеологиясына сәйкес, ЖНЖС координаталары белгілі тірек нүктесі қызметін атқарып, кеңістіктік қиылыстыру бойынша Жер бетіндегі пункттер координаталарын анықтауды жүзеге асырады. ЖНЖС бортына радионавигациялық аппаратура орнатылады. Ол жер серігі мен жердегі бақылау пункттері арасындағы қашықтықты есептеуге қажет радиосигналдардың Жерге берілуін жүзеге асырады. Сонымен қатар, әрбір ЖНЖС-ден жер серігі эфемеридалары, борт сағатының уақыт шкаласының түзетулері, альманах – барлық ЖНЖС шоқжұлдыздары жөніндегі ақпараттан құралған навигациялық деректер беріледі. Жер серігінде жұмыс істеуге қажет радионавигациялық аппаратурадан бөлек, кеңістіктік бағытталуды, жер серігін баллистикалық өлшеуді, басқаруды, энергиямен қоректендіруді, т.б. қамтамасыз ететін жабдықтар бар.

Орбитаның биіктігі бойынша диапазонды шартты түрде 4-ке бөлуге болады. 500 км-ге дейін биіктікте ғарыштық ұшыру аппараты, орбиталды станциялары, фото бақылауға арналаған табиғи ресурстар спутниктері қолданылады. 500-ден 2000-ға дейінгі биіктікке табиғи ресурсты, метеорологиялық және астрономиялық ЖЖС-і ұшырылады.

ЖРНЖ-нің көп функциялы міндеті, ғарыш секторын құру ерекшеліктерін анықтайды (*2-сурет*). ЖНЖС орбитасының биіктігі шамамен, 20 000 км болуы тиіс, ол әрбір жер серігінен радиокөрінушіліктің сипатын ғаламдық тұрғыда қамтамасыз етеді. Мұндай биіктіктегі ЖНЖС-нің айналу кезеңі шамамен, 12 сағатты құрайды. 36000 және 40000 км биіктікте байналыс жерсеріктері және кейбір метеорологиялық емес ЖЖС-і орналасады.

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 $22,5^{\circ}\text{C}$ бойлық бойынша жылжып, қиып өтеді. ЖНЖС-нің мұндай қозғалу құрылымы әрбір жер серігін тәулігіне 1 рет жүйенің бақылау-өлшеу пунктінен, оның жұмысын бақылау мақсатында қадағалауға мүмкіндік береді.



2-сурет. Жердің навигациялық жасанды жер серіктерінің ғарыштық секторы

Белгілі бір жерді анықтаудың қажетті дәлдігіне сигналдарды бір мезгілде кем дегенде 4 ЖНЖС-ден қабылдау кезінде жетеді. Сондықтан шоқжұлдыздағы жер серігінің 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.

Жерсеріктік радионавигациялық жүйелерді басқару, бақылау секторы орталық пен планетаның әртүрлі бөліктерінде орналасқан бірнеше қадағалау станцияларынан тұрады. Бұл станциялардың негізгі міндеті – жүйе жер серіктерінің есептеу параметрлеріне, жер серігі эфемеридтерін жүйелі анықтау. Сонымен бірге, әрбір жер серігіндегі сағат көрсеткіштерін түзету, навигациялық деректердің мазмұнын кезеңді түрде жаңарту және оларды ЖНЖС-ге жүктелетін станциялар арқылы берілуін ұйымдастыру, т.б. олардың жұмыс істеу сәйкестігін бақылау. Қадағалау станциялары жүйенің барлық жер серіктерін тәулік бойы қадағалайды. Олар Жер шары: Гавай аралы, Кваджалейн мен Диего-Гарсия атоллдары бойынша біртекті орналасқан. Бір қадағалау станциясы Колорадо-Спрингста (АҚШ) орналасқан жетекші станциясымен біріккен жерсеріктік қадағалау (ағымды эфемеридтерін анықтау), атомды сағаттармен жабдықталған екі жиіліктік арнайы GPS қабылдағыштарының көмегімен жүргізіледі. Бұл станцияларда көз аясында орналасқан барлық ЖНЖС-ке дейінгі барлық арақашықтық өлшенеді де, навигациялық деректер қабылданады. Нәтижесінде ионосфера әсерінен болған барлық түзетулер анықталып, жер серігі сағатының жүру дәлдігі тіркеледі. Барлық станциялар жүйенің ЖНЖС радионавигациялық сигналдарының тропосфералық, қиылысуын анықтау үшін, жетекші станцияларға жергілікті метео

жағдайлар жөніндегі ақпараттарды жинап береді. Арақашықтықты өлшеу нәтижелері бойынша жерсеріктік эфемеридтері анықталып, олардың жуық арадағы есептеулері жүзеге асырылады. Өлшеу тек радиосигналдардың тропосфералық кідірісінен бөлек, горизонттан 15°С-тан жоғары жер серіктерінде ғана жүргізіледі.

Басқарудың жетекші станциясы, барлық GPS ЖНЖС-нің жұмысын үйлестіреді. Ол ЖНЖС күйі жөніндегі барлық ақпаратты жинайды, жер серігінің болашақ эфемеридтерін, сағат түзетулерін есептейді, әрбір ЖНЖС үшін ақпараттық деректер мен альманахты қалыптастырады.

Жетекші станциясының атом сағаты GPS-тің барлық жүйесі үшін тірек сағаты болып есептеледі де, АҚШ уақытының ұлттық стандартына байланысты жүйенің уақыт масштабын анықтайды.

ЖНЖС бортына аталған жер серігі координаталарын беруден бөлек, жетекші станция – олардың нақты мәндерінің жинағын жүзеге асырады. Ол мәндерді тұтынушылар жоғары дәлдікті геодезиялық өлшеу үшін қолданылуы мүмкін. Жүктеу станциялары тәулігіне үш рет ЖНЖС-ге орбита параметрлері мен басқа да қажетті деректері бар ақпараттық хабарламаларды береді.

Жүктеу станциялары жетекші станция командалары бойынша жер серігі бортына орналасқан реактивті қозғалтқыштар арқылы, ЖНЖС орбиталарының түзетулерін жүзеге асырады.

GPS жүйесінде қадағалау станцияларынан бөлек, ЖНЖС-нің нақты эфемеридтерін бақылау сәтінде анықтауды жүзеге асыратын станциялар желісі бар. Бұл CIGNET – біріккен халықаралық GPS желісі (20 станция), IGS – геодинамика үшін халықаралық GPS қызметі (шамамен 50 станция).

1.3. Ғаламдық позициялау жүйелері

1.3.1. Жерсеріктік GPS радионавигациялық жүйелері

Қазіргі таңда GPS жүйесі ғаламдық масштабта қызмет ететін жалғыз жерсеріктік жүйесі болып табылады. Жерсеріктік навигацияның потенциалдық мүмкіндіктері алғашқы жасанды жер серіктерін ұшырудан басталды. Қазіргі кезде жерсеріктік навигациялық жүйе барлық тұтынушыларға кез келген жерде және уақытта жоғарғы

дәлдікте навигация және позициялауды қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданылуда. (GPS) ғаламдық позициялау жүйесі АҚШ-та жасалып, мемлекеттік деңгейде қолданады. (GLONASS) Жерсеріктік ғаламдық навигациялық жүйесі Ресейде жасалған. Екі жүйеде жұмыс істейді [6].

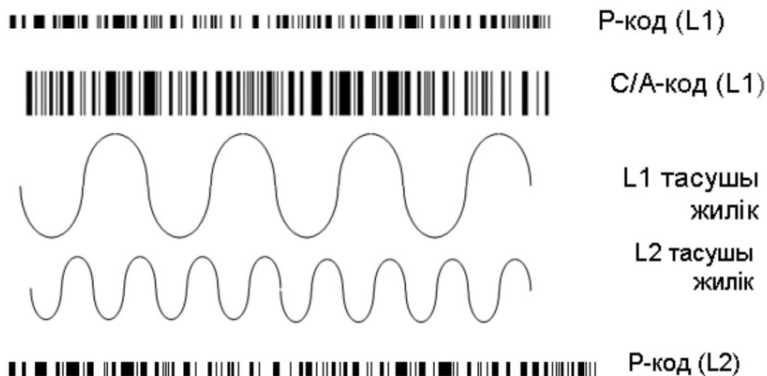
NAVSTAR жер серігінің жүйесі (Navigation Satellite Timing and Ranging, США). Жер серігінің радионавигациялық жүйеде 24 GPS жердің навигациялық жасанды серіктерінің (соның ішінде үшеуі резервте) бір-бірінен 60⁰-пен әрқайсысында 3–4 жер серігі бойынша жылжытылған 6 шеңбер маңындағы орбиталарда орналасады.

GPS-тің жер навигациялық жасанды серіктері орбиталарының биіктігі шамамен, 20 200 км-ді құрайды. Айналу мерзімі – 11 сағат 57 минут 58,3 сек. Соңғы буын жер серігінің массасы – 1044 кг. Қазіргі таңда орбитада екінші және үшінші буынның тең бөлінген 29 жер серігі орналасқан.



3 - сурет. NAVSTAR жер серігі

GPS жер серігі сигналдарының құралымы



4-сурет. GPS жер серігі сигналдарының құрылымы

АҚШ GPS-ті жаңаландырып көпшілікке пайдалану мақсатында L_2 жиілігіндегі жаңа L_2C (Similar to CA Code on L_1) кодын, сонымен қатар жаңа үшінші L_5 жиілігін ұсынды.



5-сурет. GPS жер серігі

Қазіргі таңда үшінші буынның GPS-III – навигациялық жүйесіне талап күшейтілуде. Екі ірі әлемдік жер серіктерін жасаушы Lockheed Martin және Boeing өздерінің GPS-III үлгісін ұсынуда.

GPS-III бірінші жер серігі 2013/2015 жылдары ұшырылады деп жоспарлануда, ал жер серігінің жаңа топтамасы жаңа құрамда 2017/2018 жылдары жұмысын бастайды деген болжам бар.

Қазіргі жұмыс істеп тұрған жер серігімен салыстырғанда, GPS-III жүйесі келесідей ерекшеленеді.

- жер серігінің жұмыс істеу мерзімі - 12-18 жыл;
- әрбір жер серігінің құны - 100-120 миллион долларды құрайды;
- екі жер серігін бір зымыранмен ұшырады;
- сигналдардың өтуіне келетін кедергіні төмендетіп, сигнал қарындылығы 20 дБ өсті;
- нүкте орнын қосымша шараларсыз анықтау дәлдігі 1 м-ді құрайды.

Аталмыш жүйеге объектіні іздеу, апат сигналдарын қабылдау, тарту және қосымша байланыс қызметі қосылады.

Осы орайда орбита құралымының екі варианттағы артықшылығы мен кемшілігі қарастырылу үстінде: 6 жазықтықтың әрқайсысында 4 жер серігі және 3 орбиталық жазықтықта 7 жер серігі орналасады. GPS-III жер серігі 2030 жылға дейін жұмыс істейді деген болжам бар.

1.3.2. Жерсеріктік ГЛОНАСС радионавигациялық жүйелері

ГЛОНАСС жер серігінің жүйесі (ғаламдық навигациялық спутниктік жүйе, Ресей). Ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйесі 1978 жылы жасалған. ГЛОНАСС жүйесінің серіктері үш ор-

бита жазықтарында, әрқайсысы 8 данадан, экватор жазықтығына $64,8^0$ -қа көлбеу бұрышпен орналасады. Шеңберлі орбитаның биіктігі – 19 100 км. Ал жер айналасындағы серіктердің айналу периоды – 11сағ. 15мин 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 жіберілді. Орын анықтау дәлдігі - C/A-кодымен 30 метрді, ал P-кодымен шамамен, 10 метрді құрады. 1998 жылы қаражаттың аз бөлінуінен GLONASS орбитасының топтамасы толық қамтамасыз етілмеді. Нәтижесінде жер серігінің саны 9-ға азайды. Ресей 2007 жылдың аяғында 18, 2010 жылдың аяғында 24 жұмыс істейтін жер серігін жоспарлаған. Соңғы деректер бойынша орбитада 20 жер серігі жұмыс істейді.



8-сурет. ГЛОНАСС жер серігі сигналдарының құрылымы

GLONASS жүйесінің модернизацияланған GLONASS-M жер серігі 2004 жылы ұшырылып, пайдалануға берілген. GLONASS-M жер серігі азаматтық тұтынушыларға арнаған екі сигнал түрін жібереді және пайдалану мерзімі 7-10 жыл. Нүкте орнын анықтау және сигнал дәлдігі температуралық сағатты тұрақтандыруға байланысты екі есеге артты. Сонымен қатар GLONASS жүйесінің сенімділігі мен жұмыс істеу қабілеті арттырылған. Осы орайда, ғылыми өндіріс орталығында жаңа тоғыз GLONASS-M жер серігі жасалуда. GLONASS-M жер серіктері орбитада 2013 жылғы дейін жұмыс істейді деген болжам бар.

Ғарыштық технологияның қарқынды дамуына байланысты GLONASS жүйесінің жаңа буыны GLONASS-K жер серіктері

ғылыми орталықпен жасалып сынақтан өткізілді. GLONASS-K жер серігінің салмағы GLONASS-M қарағанда, екі есе жеңіл, ал пайдалану мерзімі – 10-12 жыл. Үшінші жиілікте жұмыс істейді.

GLONASS-K азаматтық тұтынушыларға қызмет істеп 3 сигнал жібереді, сонымен қатар құтқару, іздеу және төтенше жағдайларға байланысты қосымша қызмет көрсету мүмкіндігі бар информациялық пакетті жібереді. Барлығы 27 жер серігіне тапсырыс беріледі деп жоспарлануда. ГЛОНАСС жер серіктерінің кейбір техникалық сипаттамасы *1-кестеде* келтірілген.

1-кесте

ГЛОНАСС жер серіктерінің техникалық сипаттамасы

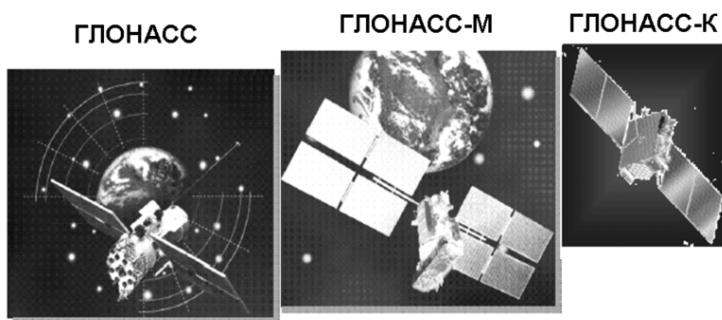
Параметрлері	ГЛОНАСС	ГЛОНАСС-М	ГЛОНАСС-К
Алғашқы ұшырылым	1982	2003	2007
Пайдаланудан шығарылу	2006	2013	2022
Жұмыс істеу мерзімі, жыл	3-4	5-7	10 – 12
Салмағы, кг	1400	1415	750
Жер серіктерінің ұшыру саны			
- ПРОТОН	3	3	6
- СОЮЗ	-	-	2
Энерготұтыну, Вт	1000	1600	1270
Азаматтық сигналдар саны	1	2	3
Орын анықтау дәлдігі, м (95% ықтималдығымен)	30	30	5-8
Арнайы сигнал саны	2	2	3

Қазіргі таңда ғарыштық державаға айналған мемлекеттермен ГЛОНАСС құрамына кіру туралы келіссөздер жүргізілуде. Мысалы, ГЛОНАСС-К құрамына Қазақстан, Үнді және Сауд Арабия елдері кіруі мүмкін. Белгілі болғандай 2007 жылы РФ Қорғаныс министрлігі ГЛОНАСС жүйесінің ғаламдық навигациялық жер серігінен алына-тын және қолданылатын геокеңістік информацияларына шектеуді алып тастады.

Осылай ГЛОНАСС жер серігінің радионавигациялық жүйесі қазіргі уақытта даму сатысында. Сонымен қатар, берілген жүйе жер серігінің әрекет етуші шокжұлдызы GPS жүйесінің ЖНЖС-мен бір

қолданылады. Ол екі жүйенің де ЖНЖС сигналдарын қабылдауға есептелген пайдаланушы аппаратурасы (GPS қабылдағыштары) арқылы позициялаудың қолайлы жағдайын құруға мүмкіндік береді.

Барлық үш жүйенің ЖНЖС-нің радионавигациялық сигналдарын қабылдауға есептелген тұтынушы аппаратурасын құру, геодезиялық және навигациялық мәселелерді шешу және нәтижелердің дәлдігін жоғарылату сенімділік туғызады.



7-сурет. ГЛОНАСС жерсеріктері

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

1.3.3. Еуропалық Galileo жүйесі

1999 жылы Еуропа Одағы азаматтық ғаламдық навигациялық жүйесін жасауды жоспарлады. Ол тек 2008 жылдың аяғында іске қосылады деп жоспарлаған болатын, бірақ ұшыру мерзімін 2014 жылға ұзартылды.

GALILEO-ның бастапқы дамуында ESA-ға кіретін 28 ел болған. Бұл кезде GALILEO жүйесінде жұмыс істеуге Қытай, Израиль, Украина, Үнді, Сауд Арабия, Марокко елдері кірген. Осы орайда ГЛОНАСС пен GALILEO арасында өзара жұмыс істеу үшін Ресеймен келіссөздер жүргізілуде. Австралия, Аргентина, Бразилия, Жапония,

Малайзия, Мексика және Норвегия сияқты елдер де GALILEO-мен жұмыс істеуге өз көзқарастарын білдіруде.

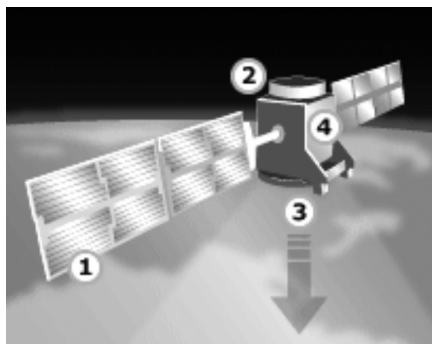
Еуропалық навигациялық GALILEO жүйесі американдық GPS жүйесіне бәсеке болатыны сөзсіз. Оның іске асуына орбитаға шамамен, 30 жер серігі ұшырылады деп жоспарлануда. Сонымен қатар жердегі инфраструктура оның ішінде екі басқару орталығы, сигналды қабылдаушы және таратушы станция желісі салынады. Еуропа комиссиясының мәліметтері бойынша, Galileo жүйесінің жұмыс істеуін қамтамасыз ететін алты контракттың үшеуі таратылған, ол оны екі жылдан кейін тестік режимде ұшуына мүмкіндік береді. Еуропа навигациялық жүйесін қолдау контрактісін итальяндық ThalesAleniaSpace компаниясы алды. ал бірінші 14 жер серігін жасау контрактісін немістің OHB System AG компаниясы және ұшыруға француздың Arianespace компаниясы қолға алды. Бірінші жер серігі 2012 жылы жасалып, алғашқы барлық қызметтер 2016 жылы беріледі деп жоспарлануда.

Галилео жүйесінің GIOVE-A (*Galileo In-Orbit Validation Element*) жер серігін ағылшын компаниясы Surrey Space Technology жасап шығарды.

GIOVE-A сынақтық навигациялық жер серігі 2005 жылы Байқоңыр ғарышайлағынан «Союз-ФГ» ракета тасушы көмегімен

орбитаға 23000 км биіктікке шығарылды. Көлбеулігі – 56°, аппарат салмағы – 600 кг. Габариттік өлшемі: ұзындығы – 1,2 м, диаметрі – 1,1 м. GIOVE-A аппаратының негізгі мақсаты Галилео қашықтық сигналдарын барлық диапозонда сынау болып табылады. Бұл жер серігі екі жылдық қарқынды сынаудан мүлтіксіз өтіп, қарқынды жұмыс істеуде, 2009 жылғы мәлімет бойынша сигнал таратуды тоқтатқан жоқ.

Галилео жүйесінің екінші GIOVE-B сынақтық жер серігі 2008 жылы ұшырылып, осы жылы сигнал тарата баста-



9-сурет - Галилео жүйесінің GIOVE-A жерсерігі: 1) Күн батареясы-электр қуаты - 660 ватт; 2) Бутанмен жұмыс істейтін қозғалтқыш, жанармай құбыры, әрқайсысы 50 кг; 3) Жерге сигнал жіберуге арналған антенна; 4) Бортта рубиді сағат және сигнал беретін құрал

ды. GIOVE-B негізгі мақсаты сигнал таратушы аппаратурасын тестілеуде. GIOVE-B – жерсерігінде сағат орнына сутекті «мазер» қолданылады, мұндай технология қолданатын бұл алғашқы жер серігі. **Мазер** (ағылшын тілінде - *maser*) – кванттық генератор, ол сантиметрлік диапазондағы когерентті элетромагниттік толқындар шығарады. GIOVE-B жүйесі L1 жилигінде бірнеше модификациядағы қашықтық код жіберу мүмкіндігі (BOC (1,1) модуляциясы, CBOC, TMCBOC) бар, осылардың ішінен келешекте қолдануға біреуі таңдалады деп, жоспарлануда.

GIOVE жер серігінің екеуі де аппаратурада сынақ жүргізуге және сигналдардың сипаттамасын зерттеуге арналған. Өлшеу деректерін жүйелі түрде жинау үшін, Еуропалық ғарыштық агенттігі (ЕКА) көмегімен жердегі әлемдік бақылау станциясы құрылған. Ондағы жабдықталған қабылдағыштар Septentrio компаниясында жасалған.

Үшінші кезең – Galileo IOV (in-orbit validation) жерсеріктерін орбитаға шығарудан тұрады. Олар Galileo жүйесінің мини-шоқ жұлдызын құрайды. Galileo IOV жер серігі «Союз-СТБ» зымыран көмегімен Куру ғарышайлағынан ұшырылуы қарастырылуда. Бірінші төрт жер серігі EADS Astrium-Thales Alenia Space компаниясы жасалды. Жер серігі орбита шеңберінің 23 000 км биіктігінде орналасады. Жер сегментін жасауда: үш (GCC) бақылау орталығы, жер серіктер топтамасын бақылауға арналған бес (TTC) станциясы, 30 қосымша қабылдау станциясы (GSS) қарастырылады.

GALILEO жүйесі жерге 10 түрлі бағыттағы сигналдарды жіберіп:

- нүкте орын анықтау дәлдігі тұтынушыларға арналған дәлдіктен жоғары және барлық қызметке қол жетімді;

- нүкте орын коммерциялық жағдайда анықтау дәлдігі 1 м жоғары;

- құтқару қызметтері және барлық транспорт түрлері;

- мемлекеттік қызметтер, олар полиция, өрт сөндірушілер, жедел жәрдем, әскери мақсатта және басқа да өмірге;

- COSPAS-SARSAT жер



10-сурет - Галилео жүйесінің
GIOVE-B жер серігі

серігінің жүйесіне қосымша толықтырыла іздеу және құтқару қызметтермен қамтамасыз етеді.

1.3.5. Үнді регионалды жерсеріктік навигациялық жүйесі

2006 жылы Үнді үкіметінен регионалды жерсеріктік навигациялық (IRNSS) жүйесінің жобасы келесі 6-7 жыл ішінде іске қосылуға қолдау тапты. IRNSS жерсеріктік жүйесі геосинхронды орбитада жеті жер серігінен құралады. Жеті жер серігінің төртеуі экваторлық жазықтыққа қарағанда, 29° көлбеулікпен орбитада орналасады. Барлық жеті жер серігі үнділік бақылау станциясымен үздіксіз радио байланыста болады.

IRNSS жер серігі орыс Kalpana-1 метеорологиялық жер серігінде қолданатын платформаны пайдаланады, салмағы 1330 кг, күн батареясының қуаттылығы 1400 Вт. құрайды.

IRNSS жер сегменті оның құрамына мониторинг станциясы, бақылау станциясы және борттық жүйелермен басқару кіреді. ISRO мемлекеттік компаниясы IRNSS-тің ашылып жұмыс істеуіне жауапты, ол толығымен Үнді үкіметінің толық бақылауында болады. IRNSS сигналдарын қабылдайтын навигациялық қабылдағыштарды үнді компаниялары жасап шығарады.

1.3.6. Қытайдың Compass навигациялық жерсеріктік жүйесі

Қытай әлемдегі ең тез дамушы елдері екені мәлім. Қытай елі де өзінің Compass атты навигациялық жерсеріктік жүйесін жасап шығарды.

Compass жерсеріктік навигациялық жүйесінің ғарыштық сегменті Геостационарлық орбитада 5 жер серігінен және орташа жер орбитасында 30 жерсерігінен құрылады. Бұл жер серіктерімен қызметтің екі түрі қана қарастырылады. Жалпы қарастырылған сигналдың дәлдігі өңдегеннен кейін 10 м құрайды. Тек шектеулі тұтынушылар жоғарғы дәлдікті өлшеулерді ала алады. 2000 жылы үш жер серігі Геостационарлық орбитаға шығарылды. Мұндай жүйе қазіргі кезде орын мен уақытты дәл анықтау және байланыс қызметін көрсетіп, GPS жүйесін тиімді толықтыруда. Осымен қатар тағы екі жер серігі ұшырылуға жоспарланған. Compass жерсеріктік

навигациялық жүйесі тек Қытай территориясында қызмет көрсетіп, соңғы мәліметтер бойынша көрші елдерге де өз қызметін ұсынуда.

Қытай елі жерсеріктік навигацияны жасауда басқа да елдермен келісімге келіп, Compass жүйесінің басқа ғаламдық навигациялық жүйелерімен жұмыс істеуіне әрекет жасауда.

1.3.7. Жапондық Quasi-Zenith навигациялық жүйесі (QZSS)

QZSS – жапондық регионалдық жерсеріктік жүйесі, ол GPS мүмкіндіктерін кеңейту үшін жасалған, сонымен қатар өзіндік шектелген навигациялық мүмкіндіктері бар. QZSS жүйесі мобильді құрылғыларға кешенді қызмет көрсетеді, оның ішін байланыс және позициялау қызметтері кіреді. Ол Жапонияда және көршілес жатқан Оңтүстік-шығыс Азия аймақтарында кеңінен қолданылды. Жапондық QZSS жүйесі 2002 жылы жапондық үкімет ресми түрде ASBC тобымен жасалған QZSS концепциясын мақұлдап, олардың құрамына Mitsubishi Electric Corp., Hitachi Ltd., және GNSS Technologies Inc. кірді. Алғашқы рет жүйені 2008 жылы қолданысқа беріледі деп жоспарлап, пайдалану уақытын жылжытып отырды. Бұл жүйенің дамуына Жапониядағы GPS технологиясының қарқынды дамуы, яғни GPS қабылдағыштары бар автомобильдік навигаторлар және мобильдік телефондар себеп болды. Жаңа жүйені пайдалану кезінде навигациялық сигналды өте жоғары дәлдікпен алуға болады деген болжам бар. Жүйенің ғарыштық сегментін Азия үстінде эллиптикалық орбитада (НЕО) орналасқан 3 жер серігі құрайды. Жер серіктері жапондық Н-ПА зымырандармен ұшырылады. Ғарыштық аппараттар L,S,Ku диапазондарда сигналдарын жібере алады. S- диапазоны төменгі жылдамдықтағы байланысқа, арналған ал Ku – жоғарғы жылдамдықтағы сигналдарды жіберуге арналған. QZSS жіберетін алты сигналының бесеуі GPS сигналдарының форматына және құрылымына сәйкес келеді. GPS жүйесін пайдалану мәселесі бойынша, мемлекетаралық кездесулерде QZSS жүйесімен өзара жұмыс істеуіне келісімге келген. JAXA (Жапондық аэроғарыштық зерттеу агенттігі) мәліметтеріне сәйкес аймақтық жүйе L1-C/A және L1C сигналдарын, сонымен қатар жоспарланған L2C және L5 жібере алады. Жапония территориясында L1-SAIF сигналын қабылдауға мүмкіндік бар, ол 1575,75 МГц жиілігінде дифференциалдық түзетулер жібереді.

Бақылау сұрақтары.

1. ЖРНЖ дегеніміз не?
2. ЖРНЖ-нің пайда болуы, оған қандай ғылымның дамуы себеп болды?
3. Навигация дегеніміз не?
4. ЖРНЖ-ні геодезияда қолдану мүмкіндігі?
5. ЖРНЖ мүмкіндіктерін ұлғайтуға қандай фактор себеп болды?
6. ЖРНЖ-ге қандай секторлар кіреді?
7. Қандай сектор ЖНЖС-нің есептеу орбиталарына шығуын қамтамасыз етеді?
8. ЖНЖС бортына қандай аппаратура орнатылады?
9. Альманах дегеніміз не?
10. Координатаны анықтау кезінде ЖНЖС қандай қызмет атқарады?
11. ЖРНЖ-нің уақыт шкаласын қандай сектор анықтайды?
12. ЖНЖС орбитасының қандай параметрлері ЖРНЖ-ні пайдаланудың ғаламдық сипатын қамтамасыз етеді?
13. Ғаламдық позициялау жүйелері туралы не білесіз?
14. Еуропалық жерсеріктік радионавигациялық жүйе туралы не білесіз?
15. Үндінің жерсеріктік радионавигациялық жүйесі туралы не білесіз?
16. Жапондық жерсеріктік радионавигациялық жүйесі туралы не білесіз?
17. Қытайдың жерсеріктік радионавигациялық жүйесі туралы не білесіз?
18. Ресейлік Глонасс туралы не білесіз?
19. Глонасс жүйесінің негізгі мақсатын атаңыз.

2-БӨЛІМ. ТҰТЫНУШЫ СЕКТОРЫ

2.1. Қабылдау-есептеу кешені

Қабылдау-есептеу кешені – тұтынушы секторының негізін құрайды. Бұл сектор пайдаланушыға бақылау пунктiсiнiң орналасқан жерi, дәл уақыт көрсеткiшi және қозғалатын объектiлерге қатысты – жылдамдық пен олардың орнын ауыстыру бағыты жөнiндегi ақпаратты алуға мүмкiндiк беретiн, барлық құрамбөлiктердi бiрiктiредi.

Қабылдау-есептеу кешенiнiң жұмыс iстеу ерекшелiгi оларды бөлуге қабылданған пайдаланушы категориясына аса тәуелдi. Жеке алғанда, қазiргi уақытта пайдаланылатын GPS және ГЛОНАСС жүйелерi өзiнше екi мәндi жүйе болып есептеледi. Яғни, оларды әскери де, азаматтық та тұтынушылар пайдалануына бағытталған.

Әскери тұтынушыларға арналған аппаратура жұмысының сипатты ерекшелiгi – бұл аппаратура әскери қызметтi жүргiзу жағдайларында тез әрi сенiмдi жұмыс iстеуi тиiс. Бұл кезде бақылаудың қозғалмайтын пункттерiн ғана емес, сонымен қатар ұшу аппараттары, әртүрлi жүзу құралдары мен жерүстi көлiктерi сияқты, қозғалатын объектiлердiң де орналасу орнын анықтау дәлдiгiн қамтамасыз етуi керек.

Жүйенiң азаматтық пайдаланушылары екi негiзгi топтарға бөлiнедi. Олардың бiрiншiсi – осындай жүйедегi навигацияда, ал екiншiсi – геодезияда қолдануға бағытталған. ГЛОНАСС жүйесiнiң қазiргi заманғы күйi, оны кең ауқымда геодезиялық есептердi шешуге мүмкiндiк бермейтiндiктен, негiзгi геодезиялық қабылдау-есептеу кешендерi GPS жүйесiнiң құрамына кiредi. Қазiргi заманғы кешендердiң, барлығының болашағы зор. ЖРНЖ-дi пайдалану мүмкiндiгiн ескере отырып жобаланады.

2.1.1. Геодезиялық қабылдау-есептеу кешенiнiң функциялары

Қабылдау-есептеу кешенiн пайдаланушы қарамағында орналасқан негiзгi функцияларға [1,2]:

- бақыланатын жер серiктерiнен радиосигналдар қабылдау;
- тiркелетiн мәндердiң анықталуын ұйымдастыру;
- тiкелей пунктте өлшеуден алынған нәтижелердi алдын ала өңдеу;

- пайдаланушыға қажетті деректердің соңғы мәндерін алуға мүмкіндік беретін камералды жағдайларда, «өңдеуден кейінгі өңдеуді» жүргізу жатады.

Жоғарыда келтірілген функциялармен қатар, тұтынушы аппаратурасы оған тиісті программалық қамтамасызданумен бірге, дала жағдайларында бірқатар:

- нақты жер серіктерінен қабылданатын радиосигналдар селекциясы, яғни осы сигналдардың басқа, барлық жер серігі сигналдарынан бөлінуі, аталған сигналды қармау (ұстау) және барлық бақылау сеансының бойында оны тізбекті қадағалау;

- қабылданған сигналдарды, тұтынушыға қажет деректерді өлшеуге даярлау мақсатында, модульсіздеу (демодуляция) және декодтау;

- жер серігінен берілетін навигациялық деректерді шифрлау;

- барлық бақылау және далалық жағдайларда орындалатын өлшеу процестерін ағымды басқару;

- өлшеу нәтижелерін алдын ала өңдеу және оларды жадының сол немесе басқа құрылғыларын пайдаланып, сақталуын ұйымдастыру;

- барлық қабылдау кешенінің жұмыс қабілеттілігі жағдайын бақылау қосалқы мәселелерді шешуі тиіс.

Жоғарыда келтірілген барлық функциялар – пайдаланушының қабылдау аппаратурасының сәйкес құрылымдық сызбанұсқасын пайдалану және «өңдеуден кейінгі өңдеуді» орындалу кезінде шешілетін есептерден бөлек іске асырылады.

2.1.2. Геодезиялық жерсеріктік қабылдағыштың жалпы құрылымдық сызбанұсқасы

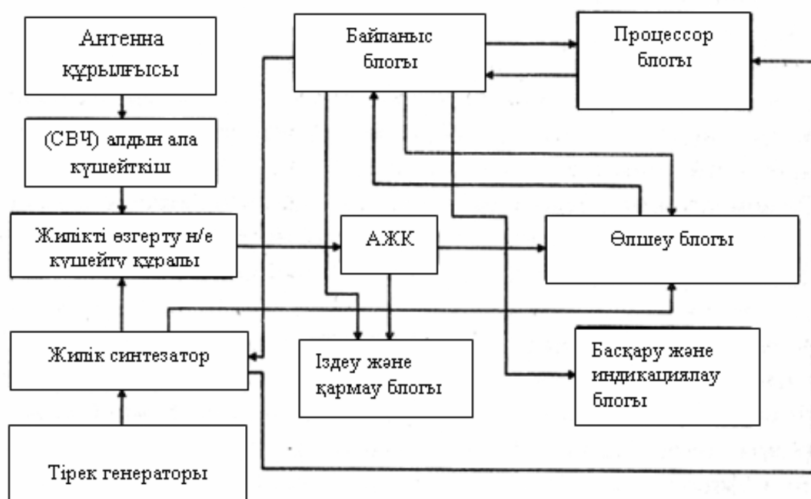
Әртүрлі фирмалар шығаратын пайдаланушының геодезиялық жерсеріктік аппаратурасы алуан түрлі, бірақ айрықша ерекшеліктері көп жағдайларда принципті емес.

Осыдан GPS-қабылдағыштың жалпы құрылымдық сызбанұсқасын қарастыруға болады (*9-сурет*). Ол осындай қабылдау кешенінің негізгі құрамбөліктер сызбанұсқасында келтірілген. Бұл, олардың функциялары мен өзара байланысын пайдалану қажеттілігін негіздеуге мүмкіндік береді.

Келтірілген сызбанұсқадан GPS-қабылдағышының кіріс бөлігі жер серігінің көріну өрісінде орналасқан радиосигналдарды қабылдауды

қамтамасыз ететін, антенналық құрылғы екені байқалады. Антенның таңдап алынған түрі мен жұмыс режимі жер серігінен сигналдарды қабылдау мүмкіндігіне ғана емес, жүргізілетін жерсеріктік өлшеулер дәлдігіне де әсер етеді.

Радиосигнал жер серігінен қабылдағышқа дейін үлкен қашықтықта өткендіктен (шамамен 20000 км), жер серігінде орнатылған таратқыш қуаты жоғары болмағандықтан (шамамен, 10 Вт), антенна шығысында сигналдың шамасы өте төмен болады. Сондықтан оны аса жоғары жиілікті (СВЧ) күшейткіш көмегімен алдын ала күшейту қажеттілігі туындайды, ол тікелей жақындықта орналасады. Салыстырмалы түрде көбінесе, антенналық құрылғы (СВЧ) алдын ала күшейткішпен бірге, қабылдағыштың негізгі блок және ұзын коаксиалды кабельмен қосылған жеке жоғары блокпен қамтылады.



9-сурет. GPS-қабылдағышының жалпы құрылымдық сызбанұсқасы

Жоғары жиілікті тербелісінің көп еселі күшейтуі техникалық қиындықтармен орындалатындықтан, жерсеріктік қабылдағыштарда супергетероидтық принцип қолданылады. Оны іске асырған кезде алдын ала күшеюден кейін қабылданған тербелістер түрленеді де, нәтижесінде пайдалану тербелісінің жиілігі бірнеше МГц-ке дейін едәуір төмендейді. Бұл кезде пайда болған аралық жиілікті, көбінесе, *соғу жиілігі* деп атайды.

Жергілікті гетеродин ретінде тұрақтылығы жоғары тірек генераторы қолданылады. Қабылдағыш құрамына кіретін жиілік торы, тірек генераторы сигналдарының алғашқы тербелісі ретінде пайдалану негізіндегі жиілік синтезаторының көмегімен қалыптасады.

Қабылданатын сигналдардың негізгі күшеюі жиілікті түрлендіргіш шығысына қосылған аралық жиілікті күшейткіш арқылы (АЖК) жүзеге асырылады.

Аралық жиілікті күшейткіш шығысымен іздеу және қармау сонымен қатар өлшеу блоктарына тікелей байланысқан. Іздеу – кодтық-корреляциялық әдістерді пайдалану негізінде жүзеге асырылады, ал іздеу аяқталғаннан кейін, сигналдармен байланыс түзеді. Байланыстағы сигналдарды жер серігі қатысатын бүкіл бақылау сенансы бойы қадағалауға мүмкіндік береді.

Өлшеу блогында қабылданған фазалық модульденген тербелісті кодтық және таза гармониялық сигналдарға бөліну жүргізіледі. Одан – жер серігінен жіберілетін навигациялық деректердің құрамына кіретін сигналдар бөлінеді. Бұл кезде сигналдың алғашқы екі түрі жер серігіне дейінгі ізделіп отырған арақашықтықты есептеуге арналған процессорлар блогында қолданылады. Бірақ жалған қашықтықта алынған мәнінен координаталар дәрекі анықталады.

Фазалық өлшеуге келсек, қабылдау құрылғысында тек қана олардың алдын ала реттелуі мен осындай «шала» деректерді есте сақтау құрылғысына (ЕК) беруді топтау жүзеге асырылады. Фазалы өлшеудің ақырғы өңделуі, камералдық жағдайларда «өндеуден кейінгі өндеу» кезінде жүргізіледі. Қабылдағыш құрамына кіретін процессорлар блогы алдын ала есептеулермен бірге, қабылдағыштың жұмысын автоматты режимде оған қойылған программалық камтамасыздану негізінде басқаруды жүзеге асырады.

Басқару және индикациялау пульті, клавиатура мен оператор қалауы бойынша қабылдағыш көмегімен анықталған мәндер, т.б. көмекші ақпараттар бейнеленетін индикаторлық таблодан құралады. Клавиатура – операторға әріпті-сандық ақпаратты, сондай-ақ әртүрлі командаларды енгізуге мүмкіндік береді.

2.1.3. Жерсеріктік қабылдағыштардың антенналық құрылғылары

Жерсеріктік қабылдағыштардың құрамына кіретін антенналық құрылғының негізгі міндеті: электрмагниттік толқындарды, сәйкес электрлік сигналдарға аса жоғары тиімділікте түрлендіру, оларды күшейте және түрлендіре отырып, қабылдағыштың электрлік тізбектері бойынша беру.

Антенналар сапасы – ең кіші энергетикалық шығындармен жүзеге асырылуы тиіс түрлендіру көрсеткіші мен антеннаның бағытталған қасиеттерінің негізгі параметрлермен сипатталады. Соңғысы, бағыттың полюстік диаграммасы түрінде болады. Жер серіктің қабылдағыштарға – бағыттың фазалық диаграммасының біртектілігі мен фазалық орталықтың тұрақты күйі сияқты көрсеткіштер маңызды болып табылады. Сонымен қатар антенналар қоршаған объектілерден радиосигналдардың шағылу әсерінен, қорғау дәрежесімен бағаланады (жан-жақтан шағылу).

Жер серігінен келіп түсетін барлық сигналдар үшін бірдей қабылдау жағдайын құруға арналған антенналық жүйе – жартылай сфера түріндегі бағытталу диаграммасын құру қажет. Мұндай бағытталу диаграммасы, дециметрлік ауқымдағы антенналық жүйелердің әртүрлі конструкциясын пайдалану негізінде құрылуы мүмкін. Қазіргі кезде жерсеріктік қабылдағыштарда микрожолакты антенналар көп тараған.

Жерсеріктік GPS қабылдағыштарға амплитудалық және фазалық бағытталу диаграммасы деген түсініктер қолданылады. Бұл кезде амплитудалы бағытталу диаграммасы, антенна шығысындағы сигнал деңгейін салыстырмалы бірліктерде оның келу бағытына байланысты бағалайды. Ал фазалық бағытталу диаграммасы осы сигналдардың, олардың антенналық құрылғы арқылы өтуі кезіндегі уақытша кідірісін бақылайды. Фазалы бағытталу диаграммасының ең жақсы түрі – амплитудадағыдай жартылай сфера. Ол сигнал кідірісінің бірдей шамасын оның келу бағытына тәуелсіз қамтамасыз етеді. Мұндай түрді қамтамасыз ету кезінде бұл кідіріс өлшеудің әртүрлі әдістерін пайдаланған жағдайда, оны алып тастауға болады.

Практикада фазалы бағытталу диаграммасының нақты түрі, идеалды түрден шамалы ерекшеленеді. Соның нәтижесінде қажет пәндерді анықтау кезінде қателіктер болуы мүмкін. Геодезиялық типтегі жоғары дәлдікті жерсеріктік қабылдағыштарды жа-

сау кезінде фазалы нақты сипаттамасының ауытқуы, 5–10⁰-тан аспауға ұмтылады. Ол шамамен 3–5 мм деңгейдегі арақашықтықты анықтаудағы қателіктерге сәйкес келеді.

Егер қабылдағыш екі жиіліктік болып келсе, онда екі жиілік сигналдары үшін бағытталу диаграммаларының түрі, мүмкіндігінше ұқсас болып келеді.

Бағытталу диаграммасымен қатар, қабылдағыштың антенналы құрылғысының маңызды көрсеткішіне – фазалық орталық, оның күйі және осы күйдің уақыт өткен сайын тұрақтылығы жатады. Бұл кезде *фазалық орталық* деп – антенналық жүйедегі геометриялық өлшеуге келмейтін, одан жер серігіне дейінгі арақашықтық есептелетін, ал оның күйі – бақылау пунктінде салыстырмалы сәйкес нүктесінің күйіне тіркесетін нүктесін айтады.

Антенна конструкциясын қабылдағышта өзінің тік осіне қатысты симметриялы қолданған кезде, фазалық орталықтың күйі – көлденең жазықтықта, әдетте, аталған симметрия осіне сәйкес келеді. Осы орталықтың тігінен жылжуына келсек, онда мұндай жылжу арнайы зерттеу негізінде анықталады. Геодезиялық жоғарғы дәлдікті қабылдағыштарда, фазалық орталық күйін мм-лік дәлділік деңгейінде анықтауға ұмтылады. Фазалық орталық күйінің уақытқа байланысты өзгермеуіне барлық шаралар қабылданады. Мұндай әдісте фазалық орталықтың күйін сипаттайтын параметрді қабылдағыш паспортына жазып, оларды әрқашан константа ретінде пайдалануға барлық негіз бар.

Жерсеріктік қабылдағыш антенналарының қасиеті – кез келген затпен басқа қоршаған объектілерден шағылысқан сигналдарды қабылдамауы болып табылады. Шағылысқан сигналдардың антеннаға келіп түсуі – өлшенетін арақашықтық шамасында қателікке алып келеді. Жерсеріктік өлшеулерге қатысты шағылысқан сигналдардың болуы – *көпжолдық* деп аталады.

Көпжолдық әсерімен күресу үшін антеннаның тура сигналдарына максимальды, ал шағылысқан сигнал үшін минимальды сезімталдығын қамтамасыз ететін бағытталу диаграммасын жасайды. Қосымша шара ретінде антенна астында тікелей арнайы металл табақша қондырғысы орнатылады. Табақшалар, антеннаға басқа заттардан шағылысқан сигналдардың келіп түсуінен қорғауға мүмкіндік береді.

Осы орайда *10-суреттегі* келтіріген антенналары радиокедергі және көпжолдылық жағдайларда GNSS сигналдарын таза қабылдауға мүмкіндік береді.



10-сурет. Ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйелерінің антенналары (GNSS)

2.2. Жерсеріктік радионавигациялық жүйелердің орнын анықтау принциптері

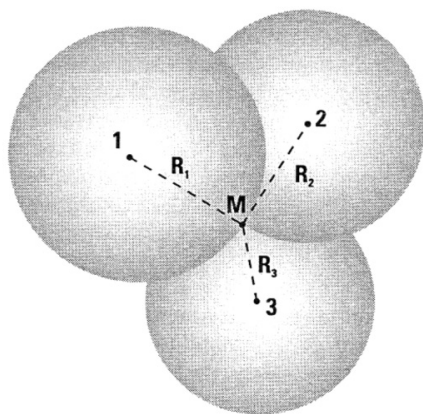
2.2.1. Кеңістіктегі қиылыстыру

«Нүкте орнын анықтау, позициялау» терминдері пункт координаталарын анықтау бойынша, навигациялық әр геодезиялық есептердің шешімін біріктіруші синоним ретінде қолданылады [2].

ЖРНЖ-де орнын анықтау принципі негізінде – кеңістіктік қиылыстыру жатыр (*11-сурет*). Жүйенің ЖНЖС-сі (1,2,3) тірек нүктелері рөлін атқарады, оның координаталары жоғары дәлділікпен анықталған. Жер бетіндегі М пунктiнiң координаталарын анықтау үшін, қиылыстырудың кеңістіктік сызығы мен ЖНЖС-ден Жер бетіндегі пунктке дейінгі сызықтық арақашықтықты талдау көрінісі мынадай: үш ЖНЖС-ге дейінгі сызықтық арақашықтықты R анықтау қажет.

$$R = \sqrt{(X_C - X_n)^2 + (Y_C - Y_n)^2 + (Z_C - Z_n)^2}; \quad (1)$$

мұндағы X_c, Y_c, Z_c – жүйе серігінің координаталары, X_n, Y_n, Z_n – жер бетіндегі пункттің анықталатын координаталары.



11 - сурет. Сызықтық кеңістіктік қиылыстыруы

Үш ЖНЖС-ге дейінгі арақашықтықты біле отырып, Жер бетіндегі пункттің үш белгісіз (анықталатын) координаталары (1) түріндегі үш теңдеудегі жүйені аламыз. Нүкте орнын анықтау есептерінің шешімі, үш теңдеулер жүйесін шешуге алып келеді. Есептің мұндай шешімі ЖНЖС-ге дейінгі қашықтықтың (арақашықтығы) дәл белгілі кезінде мүмкін.

Іс жүзінде ЖНЖС мен пайдаланушының қабылдау аппаратурасы сағаттарындағы уақыт шкалаларының айырмашылықтары әсерінен, уақытша түзету (қателік) Δt пайда болады. ЖНЖС-ге дейінгі арақашықтық, радиосигналдың жүріп өту уақыты t мен оның жылдамдығы ν , бойынша өлшенгендігінен, ара қашықтықтағы қателіктер мәні едәуір көбейеді. Сондықтан, бұл қашықтықты – *жалған қашықтықтар* деп атайды. Демек, нақты қашықтық (ρ), уақытша түзетулерді есепке ала отырып, мына формула арқылы есептеледі:

$$\rho = R + \nu \Delta t. \quad (2)$$

Төртінші белгісіз Δt пайда болады, оны алып тастау үшін (2) түріндегі төрт теңдеу қажет. Яғни, төртінші ЖНЖС-ге дейінгі жалған қашықтықты (R) өлшеу қажет. Нәтижелер дәлдігін жоғарылату үшін (2) түрдегі теңдеулер жүйесі ең кіші квадраттар әдісі бойынша шешілуі мүмкін. Ол үшін артық өлшеулер қажет.

Пайдаланушының қазіргі заманағы аппаратурасы, нүкте орнын анықтау бойынша есептерді шешу алгоритмі енгізілген компьютер

болып табылады. Кеңістіктік қиылыстыру геометриясынан үшінші ЖНЖС-ні бақылау нәтижесінде, жер бетіндегі пункттің орны екі нүктеден тандап алынады. Сонымен қатар, олардың біреуі нақты орнынан көп қалып қойғандықтан қате, әрі жарамсыз келеді. Жоғары дәлдікте шешу қажетсіз, тек нәтижесін жылдам алу қажет болғанда, яғни навигациялық есептерді шешу кезінде орнын анықтау есебін осылай шешеді.

Уақыт шкаласы дәлдігінің ЖНЖС-ге дейінгі қашықтығын өлшеуге әсерін, егер R қашықтығының орнына өлшенген қашықтықтар арасындағы айырмашылықты пайдалансақ, алып тастауға болады, яғни:

$$\Delta\rho_1 = \rho_2 - \rho_1, \Delta\rho_2 = \rho_3 - \rho_1, \quad (3)$$

мұндағы $\Delta\rho_1$ – жердегі пункт пен екінші ЖНЖС арасындағы шынайы қашықтық айырмашылығы; ρ_2, ρ_1 – жер бетіндегі пункт пен бірінші ЖНЖС арасындағы қашықтық; $\Delta\rho_2$ – сәйкесінше жер бетіндегі пункт пен үшінші ρ_3 және бірінші ЖНЖС-тің ρ_1 арасындағы қашықтықтар айырымы.

Өлшеу үш ЖНЖС-ге дейін бір мезгілде жүргізілгендіктен, Δt -нің уақытша түзетуі барлық қашықтықтарда бірдей. Демек, (1) түріндегі теңдеулерде сәйкесінше, Δt шамасы алып тасталады, яғни:

$$\Delta\rho_1 = R_2 - R_1; \Delta\rho_2 = R_3 - R_1 \quad (4)$$

Бұл әдісті пайдаланушы аппаратурасында іске асыру қиын болғандықтан, ЖНЖС мен пайдаланушы қабылдағышының уақыт шкаласының синхрондалмау қатесін алып тастап, позициялау жұмыстарын орындауды ұйымдастыру – әдістемелердің біреуі ретінде қолданылады.

Пайдаланушы аппаратурасында координаталарды ең кіші квадраттар әдісімен шешу алгоритмі оңай іске асырылады. Тригонометриялық көзқарас тұрғысынан, жердегі пункттің орнын анықтау үшін төрт жер серігінің қашықтық мәндері болуы қажет. Навигациялық есептерді практикада шешу үшін, үш өлшем нәтижелерін пайдалануға болады. Осылай ЖРНЖ әрекет ету негізіне Жер бетіндегі объектінің орнының координаталарын ЖНЖС-нің тірек нүктесі ретінде пайдаланатын трилатерация әдісімен шешу ұсынылған.

2.3. Жерсеріктік геодезияда қолданылатын қашықтық ұзындығын өлшеу принциптері

Қашықтық ұзындығын жердегі жарық пен радиоқашықтық өлшеуішпен өлшеу кезінде импульстік және фазалық әдістер, сондай-ақ олардың үйлесімі кеңінен таралды. Бұл әдістер – жерсеріктік қашықтық өлшеуіш өлшемдерінің негізін құрайды. Сонымен қатар, жерсеріктік геодезияда ерекше артықшылықтар тән кодталған сигналдарды қолдануға негізделген әдістер де дамыды.

Жерсеріктік позициялау әдістеріндегі қашықтықты, өлшеуіш өлшемдерінің импульстік принциптерін, лазерлі қашықтықтық өлшеуіш жүйелері мен жерсеріктік альтиметрде қолданылады. Қашықтық ұзындығын анықтаудың бұл әдісі – навигациялық есептерді шешу кезінде қажет болатын және өлшенетін арақашықтықты жылдам әрі бізмәнді анықтауға мүмкіндік береді.

Әскери – теңіз флоты кемелерін навигациялық жүйемен қамтамасыздандыру мақсатында әскери ведомстволар жүргізген, олардың орнын анықтаудың ғаламдық жерсеріктік жүйесін жасау кезінде, координаталық (ұзақтық өлшегіш) анықтаудың арнайы әдістерін пайдалану қажеттілігі орны алды. Олар тек рұқсат етілген пайдаланушыларға ғана қажет болды. Бұл кодталған сигналдарды пайдалануға негізделген қашықтық өлшеу әдісін өндеуге себеп туғызды. Соның негізінде қашықтық өлшеуіш жүйені құру көзқарасы тұрғысынан, сигналдар өзінше бірлік және нөлдік деңгейдегі жіберу тізбегін береді. Ол тік бұрыш түріндегі сигналды қалыптастыруға алып келеді. Бірлік пен нөлдік жіберу ұзақтығы, кодталуға ұшырайды. Өлшеу - орындалу процесінде өлшенетін сызықтың беруші ұшында – кодталған сигнал, ал сызықтың қабылдау ұшында (пайдаланушы аппаратурасында) қашықтықты анықтау үшін, тіректі дыбыс беру сигналы құрылуы тиіс. Ол өзінше, сәйкес кодталған сигналды береді. Яғни, тұтынушыға жер серігі мен қабылдағыш арасындағы арақашықтықты анықтау кезінде қолданылатын сигналдарды кодтау принципіне қол жеткізілуі мүмкін. Практикада қашықтықты өлшеу мақсатында радиосигналдың өту уақыты тіректі дыбыс сигналына сәйкес кідіріс енгізу есебінен және бұл кезде жер серігінен ұқсас кодталған сигналмен қабылданатын сәйкестікті тіркей отырып анықталады.

Кодталған сигналдарды пайдалануға негізделген қашықтық

өлшеуіштің өлшеу принципі қашықтықты анықтаудың импульстік, фазалық принципіне тән жеке ерекшеліктерді үйлестіреді. Мысалы, оны пайдаланған кезде мәндердің бірдей болмауының реті келмейді. Яғни, берілген көрсеткіш бойынша кодтық әдіс импульстік әдіске ұқсайды. Сол уақытта тіректік және қабылданатын сигналдың сәйкес келу сәттерін анықтау ерекшеліктерін талдағанда, көбінесе, бір кодталған сигналдың, екіншісіне қатысты жылжуы деген түсінік енгізіледі. Ол қашықтықты өлшеудің, фазалық әдісіне тән.

Өзінің дәлділік көрсеткіштері бойынша кодтық принцип фазалықтан кейін тұр, сондықтан геодезиялық есептерді шешу кезінде ол тек қана көмекші рөл атқарады (негізінен тұру нүктесінің координаталарын жорамалдап анықтау). Бұрын енгізілген жалған қашықтық ұғымы, көбінесе, қашықтықты өлшеудің кодтық әдісімен пайымдалады.

Жерсеріктік жүйелерді геодезиялық пайдалану кезінде фазалық әдістер едәуір қызуғышылық туғызады. Ол ақпараттық сигналдар ретінде, гармониялық тербелісті пайдаланушы радиотолқындардың дециметрлі ауқымын пайдалануға негізделген. Жалпы түрде мұндай тербелістер:

$$y = A \sin (\nu t + j_{\phi}). \quad (5)$$

түріндегі аналитикалық қатынаспен жазылады [2].

Мұндағы A – тербеліс амплитудасы; ω - бұрыштық жиілік ; t – ағымды уақыт; φ_0 – бастапқы фаза.

Фазалық қашықтықты өлшеу кезінде қолданылатын негізгі параметрі (5) теңдеуде тригонометриялық функция таңбасында тұрған, ағымды фаза деп аталған өрнек:

$$\theta(t) = \omega t + \varphi_0. \quad (6)$$

Берілген параметрдің сызық ұзындығын (R) анықтайтын шама мен байланысын анықтау яғни, қажетті ара қашықтықты өткеннен кейін, тербелістер тіректі тербеліске қатысты фаза бойынша кешігеді. Екіжақты әдісті қолданған кезде осындай кешігуді тербелістегі фазалар үшін:

$$\theta'(t) = \omega(t - \frac{2R}{v} + \varphi_0) \quad (7)$$

деп жазуға болады.

Фазометрмен өлшенетін фазалар аралығы (j) бұл кезде төмендегідей болып шығады:

$$\varphi = \theta(t) - \theta'(t) = \varpi \frac{2R}{v} .; \quad (8)$$

Осы

$$R = \frac{v}{2\varpi} \varphi . \quad (9)$$

j шамасы әдетте, бұрыштық бірлікпен (градус не радианмен) өлшенеді. Алайда, алынатын ақпараттың үлкен массивімен сипатталатын өлшеу фазалық қашықтық өлшеудің жер серіктік әдісіне байланысты есептеу процестерін жеңілдету үшін, фазаны салыстырмалы бірліктерде өрнектейді (фазалық цикл үлестерінде Φ). Осыны ескере отырып, (8) және (9) формулалары:

$$\Phi = \frac{\varphi}{2\pi} = f \frac{2R}{v} \quad (10)$$

және

$$R = \frac{v}{2f} \Phi \quad (11)$$

Түрінде болады.

Мұндағы $f = \varpi 2\pi$ - тербелістің герцтегі жиілігі.

Фазалық өлшеудің ерекшелігі – алдыңғы өлшеулер жөніндегі алдын ала қандайда бір ақпараттың болмауы кезінде фазометр, фазалар айырмашылығын тек бір период (яғни, бір фазалық цикл) аралығында ғана анықтауға мүмкіндік береді. Сол кезде (10) және (11) формулаға кіретін Φ шамасы, осы шамадан көп артық. Осыдан, Φ параметрін:

$$\Phi = N + \Delta\Phi; \quad (12)$$

Түрінде жазады:

Мұндағы N – фазаның (цикл) деректер сигналымен арақашықтықты анықтау уақытындағы өзгеруінің толық кезеңдік саны, $\Delta\Phi$ - фазометрмен өлшенетін фазалар айырмашылығы.

N мәнін (бірнеше өлшеудің шектік мәні) табу үшін жердегі фазалық қашықтық өлшеуіш жүйелерінде бірнеше әртүрлі масштабтық

жиілікте өлшеу немесе масштабтық жиілікті толқынды өзгерту әдісі сияқты көмекші әдістер қолданылады. Ал өлшеуді статикалық шарттарда орындаған кезде әдетте, едәуір қиыншылық тудырмайтын процедура атап өтіледі. Жерсеріктік жүйелерде жер бетінде орнатылған қабылдағыштар мен бақылайтын жер серігінің арасындағы арақашықтық үздіксіз өзгереді, ал нәтижесінде анықталатын N мәні де өзгереді. Сонымен қатар, фазалық өлшеуде Гц-пен есептелетін аса жоғары жиілікті пайдалануға және өлшенетін ұзындықтың үлкен мәніне байланысты N мәні жүздеген миллионға дейін жетеді. Оны анықтау кезінде, тіпті, бірлікке қателесуге болмайды. Өйткені, бұл үлкен қателікке алып келеді де, нәтижелер жарамсыз болып қалады.

Фазалық жерсеріктік өлшеудің екінші ерекшелігі – қашықтықты өлшеудің біржақты әдісімен байланысты. Біржақты әдістер кезінде жер серігі мен қабылдағыштағы сағаттардың әртүрлі көрсеткіштеріне байланысты түзетулерді ескеруге тура келеді. Фазалық өлшеулерге қатысты, алдымен, әртүрлі генераторлармен әрекет ететін (генератор, қабылдағыштағы генератор) салыстырылатын тербелістердің бастапқы фазаларын есепке алу қажеттілігі туады. Бастапқы фазаны Φ_0 есепке алғанда, бізді қызықтыратын тербелістің ағынды фазасы:

$$\Phi(t) = ft = \Phi_0 \quad (13)$$

Түрінде берілуі мүмкін.

Жерсеріктік өлшеулерге сәйкес, бастапқы фазаны Φ_0 фазалық өлшеуді орындау үшін қолданылатын сол тербелістер беретін жүрісті сәйкес электрондық сағаттар көрсеткіштерінің жылжуы ретінде қарастыру қабылданған. Осыны ескере отырып:

$$\Phi_0 = f\delta t, \quad (14)$$

мұндағы δt – сағаттың эталондық (яғни жер серігі мен қабылдағыш үшін синхронды) уақыттан өлшеуді орындау сәтіне кетуі.

Берілген интерпретацияда бастапқы фазалық жылжу, бір кезеңге сәйкес шамадан асып кетуі мүмкін. Осыдан шығатыны, жерсеріктік өлшеулер кезіндегі айтып өтілген жылжуды, тербеліс жер серігінен қабылдағыш кірісіне келіп түсетін ағынды фазаның жылжуы ретінде

тарайтын N мәнімен бірге қарастырады. Осыларды ескере келе, айтылып өткен ағын фаза:

$$\Phi'_{nep}(t) = f(t - r) + f\delta t_{nep}, \quad (15)$$

сияқты аналитикалық түрде жазылуы мүмкін.

Мұндағы $\Phi'_{nep}(t)$ – пайдалану тербелісінің жер серігінен қабылдағыш кірісіне келіп түсетін ағынды фаза; f – пайдаланған жиіліктің номиналды мәні; $\tau = R/c$ – пайдаланған тербеліспен ізделген арақашықтыққа өту уақыты; δt_{nep} – қабылдағыш жер серігіне орнатылған, оның жұмысының тұрақсыздығымен дәлелденген сағат көрсеткішінің өлшеуді орындау сәтіне кетуі. Сәйкесінше, ағымдағы фаза үшін қабылдағышта әрекет ететін тірек тербелістері:

$$\Phi_{np}(t) = ft + f\delta t_{np}, \quad (16)$$

Негізінде жер серігіне дейінгі арақашықтық есептелетін Φ фазалар аралығы былай анықталады:

$$\Phi = \Phi'_{nep}(t) - \Phi_{np}(t) = -f\tau + f(\delta t_{np} - \delta t_{nep}). \quad (17)$$

Теңдеудің оң жағындағы бірінші мән алдындағы минус белгісі – жерсеріктік жүйелерде сандық-фазалық өлшеулер кезінде, бастапқы сигналдар ретінде көбінесе жер серігінен түсетін кешігуге байланысты теріс фазалық жылжитын сигналдар. Ал соңғы сигнал, жергілікті тіректік генератор қалыптастыратын сигналдың қолданылуына байланысты. Осыған байланысты формула былай болады:

$$\Phi = N - \Delta\Phi. \quad (18)$$

(17) және (18) қатынастарының комбинациясы негізінде:

$$\Delta\Phi = f\tau + N + f\delta\tau \quad (19)$$

формуласан алуға болады.

Мұндағы $\Delta\Phi$ – фазалар айырымының өлшенетін мәні; f – масштабты жиіліктің номиналды мәні; N – радиосигналмен жер серігінен

қабылдағышқа дейінгі қашықтықта жүріп өту уақытындағы фазаны өлшеу периодтарының бүтін саны; $\Delta\tau = \delta t_{пер} - \delta t_{пр}$ – жер серігі мен қабылдағыштағы сағаттар жүрісінің синхронды еместігінен туған түзету.

$t = R/c$ екенін ескере отырып, $\Delta\Phi$ фазалардың өлшенетін айырымның мәні, R анықталатын арақашықтық шамасымен байланыстыратын теңдеу:

$$\Delta\Phi = \frac{f}{v} R + N + f\delta\tau \quad (20)$$

түрінде беріледі

Бұл формула – қашықтық ұзындығын анықтаудың фазалық әдісі, ол іске асырылатын біржақты жерсеріктік қашықтықты өлшеу жүйелері үшін, негізгі болып табылады.

Жерсерігі мен қабылдағыш арасындағы арақашықтықты өлшеудің кодтық және фазалық принциптерімен қатар, GPS типті қазіргі заманғы жерсеріктік позициялау жүйелерінде *Доплер эффектісіне* негізделген көмекші әдістер де қолданылады. Арақашықтықты өлшеудің фазалық принципін пайдаланған жағдайда, Доплер әдісін арнайы аппараттық құралдарды қатыстыра отырып, іске асырудың қажеті жоқ. Өйткені, бұл әдіс фазалық әдіс түрлерінің бірі болып табылады. Доплер әдісіне тән кейбір ерекшеліктер алынатын нәтижелерді өңдеу әдістеріне байланысты.

Бақылау сұрақтары

1. Қабылдау-есептеу кешенінің жұмыс істеу ерекшелігін айтаңыз
2. Геодезиялық қабылдау-есептеу кешенінің функцияларын келтіріңіз
3. GPS-қабылдағыштың жалпы құрылымдық сызбанұсқасын сызыңыз.
4. Фазалық өлшеу деген не?
5. Жерсеріктік қабылдағыштардың антенналық құрылғылары
6. Кеңістіктегі қиылыстыру деген не?
7. Жерсеріктік геодезияда қолданылатын қашықтық ұзындығын өлшеу принциптерін атаңыз.
8. Фазалық өлшеудің ерекшелігі неде.
9. Фазалық жерсеріктік өлшеудің екінші ерекшелігі неде.
10. Доплер эффектісін түсіндіріңіз.

3 - БӨЛІМ. ЖЕРСЕРІКТІК РАДИОНАВИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕДЕГІ ӨЛШЕУ ЖӘНЕ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

3.1. Позациялау тәсілдерінің классификациясы

Позациялау тәсілдерінің классификациясын бірнеше жақтан қарастыруға болады. Кейбір жағдайда барлық тәсілдерді абсолютті (бір тәсіл) және салыстырмалы (дифференциалды) деп атайды. Мұндай жіктелуге екі негіз бар: 1) қолданылатын жер серіктерінің саны (абсолюттіде - бір қабылдағыш, салыстырмалы да - екі қабылдағыш); 2) абсолютті де өңделмеген өлшеулерді, ал дифференциялық та – тіркелген мәндерден айырмашылықтарды шығарады. Басқа жағдайда: жеке өзіндік, дифференциалды (DGPS, PDSPS режимдері) және салыстырмалы (статика және кинематика варианттары) тәсілдер қарастырылады.

Абсолютті дегеніміз - өлшенген мәндер бойынша геоцентрлік координаттардың толық мәндерін есептеу, ал салыстырмалық - өлшеу кезінде тек координаттар өсімшесін анықтау, яғни бақылау пунктін қосатын кеңістіктік базалық вектор. Осы орайда, келесі бағыттарға бөлеміз [2]:

- *геоцентрлік координаттарды абсолюттік тәсілмен анықтау:*

- жеке өзіндік;
- дифференциалды:
 - кодтық анықтау (DGPS);
 - фазалық анықтау (PDGPS).

- *базалық сызық – кеңістіктік векторларды анықтаудағы*

салыстырмалық тәсіл:

- статикалық:
 - жылдам статика;
 - жалған(псевдо) статика.
- кинематика:
 - үздіксіз, өңдеу;
 - «тұр және жүр» (Stop & Go), өңдеу.
 - нақты уақыт (real Time Kinematic - RTK).

Тәсілдердің бір-бірінен дәлдік: ондық см-ден бірнеше ондық м-ге дейін айырмашылығы бар. Жоғарғы дәлдікті дифференциалды және салыстырмалы тәсілдер қамтамасыз етеді.

3.1.1. Нүкте орнын анықтаудың абсолюттік және салыстырмалы әдістері

Жерсеріктік координаталық өлшеуді орындаған кезде жер серігі мен қабылдағыш арасындағы арақашықтық басты анықталатын параметр болып есептеледі. Бірнеше жер серігіне дейінгі арақашықтықты бір мезгілде анықтау, кеңістіктік сызықты қиылыстыру әдісі мен бақылау пунктiнiң 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. Мысалы, қабылдағышты жылжымалы объектіге орнату кезінде, осы объектінің қозғалу жылдамдығы мен бағыты анықталуы мүмкін.

Шешілетін есептерге байланысты координаталарды анықтау әдістерін – *абсолютті* және *салыстырмалы (дифференциалды)* деп ажыратады. Бұл кездегі бірінші жағдайда қойылған есеп бір, жеке жұмыс істейтін жерсеріктік қабылдағышты пайдалану негізінде шешілуі мүмкін. Екінші жағдайда, дифференциалды өлшеуге тән анықталатын жерлерге белгіленген пункттерде орналастырылған екі немесе одан көп, бір мезгілде жұмыс істейтін қабылдағыштар пайдаланылуы мүмкін. Бұл екі әдістің басты ерекшеліктері – дәлдігі бойынша едәуір айырмашылығы бар координаттарды алу, абсолюттік әдіске тән жүйелік сипаттарының қателіктерін есепке алу күрделілігімен түсіндіріледі. Мұндай тұжырымды дәлелдеу үшін, соңғы нәтижелерді есептеу кезінде қолданылатын негізгі қатынастарды талдайды.

Егер өлшеу сәтінде белгілі жер серігі координаталарын координатаның геоцентрлік жүйесінде X_c, Y_c және Z_c арқылы, ал бақылау пунктiнiң белгісіз координаталарын X_n, Y_n және Z_n арқылы белгілесек, онда осы екі нүкте арасындағы геометриялық арақашықтық:

$$\rho = \sqrt{(X_c - X_n)^2 + (Y_c - Y_n)^2 + (Z_c - Z_n)^2} \quad (21)$$

сияқты аналитикалық геометрия негізінде анықталуы мүмкін.

Есептелген арақашықтықтың дәл мәні R сағат жүрісінің синхронды еместігінен $\nu\delta\tau$ туған түзетуді ескере отырып,:

$$R = \rho + \nu \delta \tau \quad (22)$$

формуламен анықталады.

(21) қатынасын (22) формуласына қойып, электромагнитті толқындардың таралу жылдамдығының u орташа мәнінің орнына, осы толқындардың атмосфераның $dt_{атм}$ әсерінен, сәйкес уақыттың түзетулері бар вакуумдегі жылдамдығын u енгізе отырып, жер серігі мен қабылдағыш арасындағы өлшенетін арақашықтық $R_{өли}$ үшін:

$$R_{өли} = \sqrt{(X_c - X_{II})^2 + (Y_c - Y_{II})^2 + (Z_c - Z_{II})^2} + c(\delta t_{np} - \delta t_c) + c\delta t_{атм}, \quad (23)$$

формуласымен алынады.

Мұндағы δt_{np} мен δt_c – жер серігі мен қабылдағыш сағаттар көрсеткіштерінің эталондық уақытқа қатысты ауытқуы; $\delta t_{атм}$ – атмосфераның әсерінен туған уақыттық кідірістер.

(23) формуладағы δt_c шамасы әрбір нақты жер серігі үшін басқару және бақылау сенсорының құрамына кіретін қадағалау станциясының көмегімен анықталады да, навигациялық деректердің құрамында әрбір тұтынушыға беріледі. Осыны ескере отырып, абсолюттік әдіске тән дөрекі координатты анықтау кезінде қарастырылатын шаманы белгілі деп санауға болады. $\delta t_{атм}$ түзету мәнін радиосигналдың ионосфера мен тропосфера арқылы өту кезінде пайда болған кідірістерді модельдеу негізінде есептейді. Нәтижесінде (23) формула құрамында төрт белгісіз мән: қабылдағыш күйі нүктесінің үш координатасы мен қабылдағыш сағатының жүру түзетпесі $\delta t_{мүз}$ болады. Осы белгісіздерді табу үшін кем дегенде, төрт жер серігінен бақылау жүргізеді. Олар әртүрлі жер серігіне дейінгі $R_{өли}$ қашықтықтың әртүрлі мәндеріне сәйкес келетін теңдеулер жүйесін құрып, оны бірге шешеді.

Координаталарды анықтаудың абсолюттік әдісінің потенциалды дәлдігін анықтау мақсатында, осы әдіске тиісті жеке қателік көздерінің әсерін бағалаймыз. Алдымен, жер серігі координаталарын, яғни навигациялық деректер құрамындағы радиоарна бойынша берілетін оның эфемеридтері – метрлік дәлділік деңгейіндегі қателіктермен сипатталады.

Қандай да бір жер серігі сағаттарының түзетілуі белгілі бір нақты қателікпен жүзеге асырылады.

Атмосфера әсерін модельдеу әдістері координатты анықтау дәлдігіне елеулі әсерін тигізеді. Ионосфера әсері едәуір сенімді

модельденеді. Алайда, екі жиіліктік қабылдағыштарды пайдаланған кезде аталған әсерді едәуір азайтуға болады.

GPS-ке сәйкес жалпыға арналған кодтың негізделген абсолюттік әдіске тән жоғарыда келтірілген барлық әсерді сандық бағалау *2-кестеде* берілген. Бұл деректер абсолюттік өлшеу әдісі үшін нәтижелі дәлділік, жалпыға арналған (C/A) кодты пайдаланғанда шамамен 8 м деңгейдегі қателікпен бағаланатынын көрсетеді. Бұл кезде C/A-кодты қолдануға тән әдістің ең төменгі сезгіштігі шамамен 3м қателікке сәйкес келеді. Яғни, абсолюттік әдісті пайдаланған жағдайда, жоғарыда келтірілген қателіктердің әсерінен жалпыға арналған кодтық өлшеудің потенциалдың дәлдігін іске асыру мүмкін емес.

2- кесте

Қателікті бағалау

№ П/П	Қателік көздері	C/A – код үшін тиісті абсолюттік анықтаудың қателіктер мәні, м
1	Ионосфера	7
2	Тропосфера	0,7
3	Көпжолдық	7,2
4	Қабылдағыштың шуы	1,5
5	Жерсеріктік координаталардың уақытты қамтамасыздандыру қателіктері	3,6
6	Сомалық қателік	8,1

Мәні бойынша осындай едәуір көп қателік көздеріне байланысты тербелісті пайдалану фазасын өлшеу негізінде, жер серігіне дейінгі арақашықтықты анықтауға мүмкіндік болмайды. Өйткені, бірнеше өлшеудің шектік мәнін беру үшін GPS-ке қатысты 0,1 м-ден төмен емес деңгейде потенциалды дәлдікті қамтамасыз ету қажет.

Координаталарды анықтау дәлдігін жоғарылату мәселесі жерсеріктік өлшеудің дифференциалдық әдістерін қолдану есебінен, едәуір тиімді түрде шешіледі. Оған тән ерекшелік – қабылдағыш көмегімен тіркелетін мәндердің абсолюттік емес мәнін өлшеу нәтижелерінің соңғы сатысында өңдейді.

Мұндай тәсіл дифференциалдық жерсеріктік өлшемдердің кеңінен таралуын қамтамасыз етті. Ол жылжымайтын және жыл-

житын объектілердің координаталарын анықтауда табысты қолданылады. Ал соңғы нәтижелері тек «өңдеуден кейінгі өңдеу» процесінде ғана емес, нақты уақыт масштабында да алынуы мүмкін. Бұл кезде едәуір өңделген дифференциалды әдістерге тән дәлділік деңгейін абсолюттік әдіспен салыстырғанда, 100 еседен артық жоғарылатуға болады.

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

3.1.2. Дифференциалды әдістердің негізгі түрлері

Дифференциалдық өлшеулер

Жерсеріктік қабылдағыштарының кейбір модельдері дифференциалдық өлшеулер арқылы екі нүкте арасындағы өлшеуді жоғарғы дәлдікпен (сантиметрлік) өлшей алады. Сонымен қатар аталмыш жүйелер қабылдағыштың өлшеу дәлдігін жоғарылатып (координаттарға дифференциалдық түзетулер енгізіп), дәлдікті он сантиметрге жеткізеді. Дифференциалдық түзетулер геостационарлық немесе жер бетіндегі базалық жер серіктеріне негізделген.

Қазіргі таңда (2009) WAAS американдық, EGNOS еуропалық және MSAS жапондық жүйелер өлшеу нәтижелерін 30 см дейінгі дәлдікпен беретін геостационарлық жер серіктеріне жүгіне отырып, халыққа тегін қызмет етеді.

Бірнеше жер серіктіктері мен қабылдағыштар пайдаланылатын өлшеуді бір мезгілде орындау кезінде әртүрлі есептемелердің:

1. Бір ғана жер серігін бір уақытта бақылау кезінде жерсеріктік қабылдағыштың әртүрлі нүктелерден алынған нәтижелерінің айырмашылығы;

2. Бір мезгілде екі немесе оданда көп жер серіктерін бақылау кезінде бір қабылдағыштың көмегімен алынатын нәтижелер айырмашылығы;

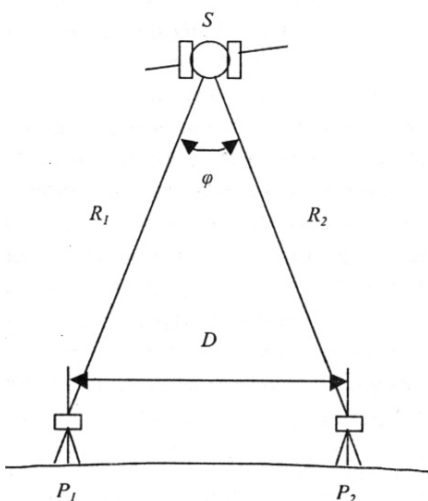
3. Бір қабылдағышпен және уақыттың әртүрлі сәтінде бір жер серігін бақылау кезінде алынған нәтижелер айырмашылығы;

4. Әртүрлі өлшеу түрлерін (мысалы, кодты әдістер мен тербелісті алып жүретін фазаны анықтау негізінде орындалатын өлшеулер) пайдаланған кезде алынатын нәтижелерді жинақтау сияқты түрлерін ұйымдастыруға болады.

Сонымен қатар, есептеулер айырымының пайда болуының

басқа да комбинациялары болуы мүмкін (екі әртүрлі пайдалану жиіліктерінде L_1 және L_2 алынатын нәтижелер айырымы).

Енді оларды пайдалану негізінде алынатын әртүрлі айырымдарды ұйымдастыру артықшылықтарын қарастыралық. Бірінші нұсқаны іске асырған кезде, жерсеріктік аппаратура жұмысының жетілмеуіне байланысты тіркелген мәндеріндегі ауытқуларды алып тастауға мүмкіндік туады. Оларға өлшеуді орындау сәтіндегі жерсеріктік сағат көрсеткішінің қателіктері жатуы мүмкін. Сонымен қатар, жер серігі эфемеридтерін білу дәлдігіне қойылатын талаптар да едәуір әлсірейді. Бұл жағдай сызбанұсқа түрінде 12-суретте бейнеленген.



12-сурет. ЖНЖС күйі дәлсіздігінің әсері

Егер S жер серігінен жер бетіндегі P_1 және P_2 екі нүктесіне дейінгі арақашықтық шамамен, бір-біріне тең ($R_1 \approx P_2 \approx R$), ал D базисі бақыланатын бұрыш – жер серігінің есептеу траекториясынан шамалы ауытқыған кезде тұрақты болып қалса, онда:

$$\varphi \approx \frac{D}{R} \quad (24)$$

деп алған жөн немесе екенін ескерсек,

$$\left| \frac{\delta D}{D} \right| \approx \left| \frac{\delta R}{R} \right| \quad (25)$$

Радиоарна бойынша берілетін эфемерид мәндерінің қателіктері, бұл кезде өлшенетін ара қашықтық (δR) мәндеріндегі қателіктер бірінші жорамалда шамамен 20 м шамасымен бағаланады. GPS және ГЛОНАСС жүйелері үшін $R \approx 20\,000$ км болғандықтан, ол

$$\frac{\delta R}{R} = 10^{-6} \quad \text{болады.}$$

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 атмосфераның 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.

Қарастырылып жатқан дифференциалдық әдістің басты кемшілігі – пункт арасындағы координаталар айырмашылығын ғана анықтап, оның абсолюттік мәнін анықтамауы. Мұндай тәсілді *референцтік* деп атайды.

Екінші нұсқаның артықшылығы – екі жер серігіне дейінгі айырмашылықты пайдаланғандағы соңғы нәтижелерді есептеуден туады. Осы айырмашылық – қабылдағыш сағаты көрсеткішінің дәл еместігінен туған түзетулерді алып тастауға және қабылдағыш жұмысымен байланысты жеке құрал-жабдық қателіктерін азайтуға мүмкіндік береді.

Дифференциалдық әдістің үшінші нұсқасы – бұл кезде өлшеудің айырмашылықтары анықталады, яғни фазалық өлшеуді орындау кезінде орбитада бір-біріне жақын орналасқан екі жер серігін табу, мәндердің бірдей болмауын шешу проблемасын едәуір жеңілдетеді. Бұл жағдайда бақылау кезінде бастапқы нүктедегі жер серігі мен қабылдағыш арасындағы арақашықтықтан жиналған толқын ұзындығының бүтін санына сәйкес келетін N мәнін алып тастауға болады.

Өртүрлі өлшеу түрлерінің комбинациясын біріктіруге негізделген дифференциалдық әдіс түрлерінің төртінші нұсқасы, фазалық өлшеуді орындаған кезде бір мәнді нақты нәтижелерді алудың тиімді әдістерін іздеуге, біржиілікті қабылдағыштарымен жұмыс істеу кезіндегі ионосфера әсерін баяулатуға, сонымен қатар динамикалық жағдайда (көлік құралдарын пайдалануын) жұмыс істегенде жоғары дәлдікті жерсеріктік өлшеу әдістерін өндеуге де бағытталған.

3.2. Жалған қашықтық өлшеу және фазалық өлшеу жүргізу ерекшелігі

Жерсеріктік өлшеуді орындаған кезде, негізінен кодты және фазалы әдістер қолданылады. Бұл кезде жер серіктеріне дейінгі өлшенетін ара қашықтық мәндері бойынша жүйелі қателіктердің болуынан, сызықтың анықталатын ұзындықтары – *жалған қашықтық*

деген атқа ие болады. Ал кодтық әдістердің негізін қалаушы принциптерден алатынымыз: тікелей қабылдағыштың тұрған нүктесінде тіркелетін жалған қашықтықты өлшеу мәндері, тек қана кодтық өлшеу режимінде белгіленуі мүмкін.

Пайдалану тербелістеріне жататын фазалық өлшеуге келетін болсақ, онда жер серігіне дейінгі анықталатын арақашықтықтың толық мәні, тек қана өлшеу нәтижелеріне іс жүзінде шамасы бойынша барлық маңызды түзетулер енгізілгеннен кейін мүмкін болады. Мұндай процедурада фазалық әдіске негізделген жалған қашықтықтың әртүрлі әсерлеріне ұшыраған мәндер, әдетте белгіленбейді. Геодезиялық жерсеріктік қабылдағыш жұмыс істеген кезде жалған қашықтық өлшеу де, фазалық әдістер де қолданылады. Олардың артықшылықтарына – анықталатын мәндерді тіркеу әдістері мен оларды әрі қарай өңдеу ерекшеліктері жатады.

Жалған қашықтық (кодтық) өлшеудің ерекше артықшылықтарының бірі – оларды тікелей қабылдағышта орындаған кезде радиосигналдың шағылысу сәтін білу. Ал осы сигналды қабылдау сәтін анықтау негізінде, оның таралу уақытын белгілеуге болады. Жерсеріктік пен қабылдағыш арасындағы геометриялық арақашықтықтың мәнін алу үшін, жалған қашықтық өлшеудің тіркелген мәніне сәйкес түзетулер енгізеді. Кодтық сигналдар, жер серігінен пайдалану тербелісін модуляциялау арқылы берілгендіктен, оларға топтық таралу жылдамдығы тән. Оны – радиосигналдардың ионосфера арқылы өтуі кезіндегі уақыттың кідірісін анықтау кезінде ескеруге тура келеді.

Фазалық өлшеудің артықшылығы – оларды орындаған кезде, бізмәнді пайдалану тербелісінің фазасымен байланысқан аралық жиіліктің тербеліс фазасы белгіленіп, тікелей қабылдағыштағы санауды алған кездегі аталған тербелісті қабылдау мен шағылысу уақыты есепке қабылданбайды. Нәтижесінде жер серігіне дейінгі тербелісті толқындардың бір ұзындығы шегінде өлшенетін арақашықтық мәндерінің тек соңғы сандары ғана белгіленеді. Алдыңғы сандарын, мәндердің *бірдей болмауын шешу* процесінде анықтайды. Олар дифференциалдық әдісті пайдалануға негізделген және өңдеуден кейінгі өңдеу кезеңінде орындалады. Ионосфера әсерін есепке алғанда радиосигналдардың фазалық таралу жылдамдығы қолданылады. Осындай түзетулерді анықтау әдістері көп жағдайда, әртүрлі тербелістерді пайдалануға негізделеді.

Фазалық өлшеуге тән көптеген түзетулерді сәйкес дифференциалды әдістерді пайдалану есебінен жоюға ұмтылады.

3.3. Жалған қашықтық өлшеуіштің өлшеу принципі

3.3.1. Кодтық әдіс

Жалған қашықтық өлшеуінің негізгі көрсеткіші - кодтық сигналды беру сәті мен (уақытты жер серігінде орнатылған сағатпен санаған кезде) оны қабылдау (уақытты қабылдағыш сағатымен санағанда) сәті арасындағы айырмашылық.

Жалған қашықтық деп – жер серігі мен қабылдағыш арасындағы жалған кездейсоқ кодтық сигналдарды қолдана отырып радиосигналдарды тарату және қабылдау сәтіндегі өлшенетін арақашықтықтың мәнін айтамыз. Бұл кездегі олардың біріншісі – жерсеріктік сағат бойынша, ал екіншісі – қабылдағыш сағаттың көрсеткіші негізінде құрылады.

Жер серігі мен қабылдағыштағы сағат көрсеткіштері, әртүрлі болады. Ол өлшенетін арақашықтық шамасында сәйкес қателіктердің пайда болуына алып келеді. Сонымен қатар, сызықтың белгісіз ұзындығының анықталатын және нақты мәндері арасындағы қосымша айырмашылықтары, радиосигналдардың атмосфера (ионосфера мен тропосфера) арқылы өту трассасындағы кідірістерге (бөгеттерге) байланысты.

Жасалған ескертулерді ескере отырып, жалған қашықтықты өлшеуге арналған теңдеу:

$$\left[(t_{np} + \delta t_{np}) - (t_c + \delta t_c) \right] c = \rho + \delta R \quad (26)$$

түріне келеді.

Мұндағы t_{np} және t_c – жалған қашықтықты өлшеу сәтінде тіркелетін жер серігі мен қабылдағыш сағаттарының көрсеткіштері, δt_{np} және δt_c – сағат көрсеткішінің эталондық уақытқа қатысты санауларды алу сәтіне ауытқуы; c – электромагниттік толқындардың вакуумде таралу жылдамдығы; ρ – жалған қашықтықты өлшеу сәтіндегі жер серігі мен қабылдағыш арасындағы топоцентрлік (геометриялық) арақашықтық; $\delta R = c\delta_{атм}$ – атмосфера әсерінен болған, өлшенетін арақашықтық шамасына түзету.

Тікелей (26) теңдеу негізінде жалған қашықтықты өлшеулер үшін жұмыс формуласы алынуы мүмкін.

$$R = (t_{np} - t_c)c = \rho + c(\delta t_{np} - \delta t_{np}) + \delta R. \quad (27)$$

Өзімізге қажетті геометриялық қашықтықты ρ алу үшін өлшенген R мәні, δtc және δR түзетулер енгізу есебінен түзетіледі ($\delta t_{\text{мүз}}$ түзетуі бұл кезде алдын ала анықталмай, белгісіз параметрлер қатарына кіреді).

Кодтық сигналдарды пайдалану негізінде жер серігі мен қабылдағыш арасындағы қашықтықта радиосигналдың өту уақытын анықтау ерекшеліктерінің бірі – белгіленген сигналдардың қайталану кезеңдігіне байланысты қабылдағыштың тіркеу құрылғысы жер серігінен қабылданатын және құрылатын кодтық сигналдар арасындағы олардың қайталану периодының шегінде ғана уақыттың жылуын анықтауға мүмкіндік береді. GPS жүйесінде қолданылатын жалпы қол жетерлік код үшін мұндай периодтылық бір миллисекундқа тең. Бұл радиосигналдың шамамен 300 км қашықтықты жүріп өтуіне сай. Жер серігіне дейінгі арақашықтық шамамен, 20 000 км болса, онда сәйкес шараларды қолданбаса, кодтық сигналға қатысты бірнеше өлшеудің шектік мәнін шешу проблемасы тууы мүмкін.

Бұл проблема GPS уақытының толық мәні мен жер серігінен берілетін навигациялық деректер құрамындағы және жалған қашықтықтан анықталатын сәйкес кодтық сілтемені теңдестіруге мүмкіндік беретін нақты жер серігі сағатының көрсеткіштеріне түзетулер жөніндегі ақпараттарды пайдалану есебінен шешіледі.

Жалған қашықтық өлшеуіштің өлшеулерін, қабылдағыштың тұру нүктесінің координаталарын абсолюттік әдіспен анықтау мақсатында практика жүзінде пайдаланғанда:

$$\begin{aligned} R'_1 &= \sqrt{(X_{c1} - X_{np})^2 + (Y_{c1} - Y_{np})^2 + (Z_{c1} - Z_{np})^2} + \Delta R; \\ R'_2 &= \sqrt{(X_{c2} - X_{np})^2 + (Y_{c2} - Y_{np})^2 + (Z_{c2} - Z_{np})^2} + \Delta R; \\ R'_3 &= \sqrt{(X_{c3} - X_{np})^2 + (Y_{c3} - Y_{np})^2 + (Z_{c3} - Z_{np})^2} + \Delta R; \\ R'_4 &= \sqrt{(X_{c4} - X_{np})^2 + (Y_{c4} - Y_{np})^2 + (Z_{c4} - Z_{np})^2} + \Delta R. \end{aligned} \quad (28)$$

теңдеулер жүйесін шешеді.

Мұндағы $R'_{1...4} = R_{1...4} + c\delta tc - \Delta R$ - сәйкес жер серігіне дейінгі жалған қашықтың түзетілген мәні; $X_{c1...c4}$; $Y_{c1...c4}$; $Z_{c1...4}$ - бір мезгілде бақыланатын төрт жер серігінің ағымды координаталары; X_{np} , Y_{np} , Z_{np} - тұрақтау нүктесінің анықталатын координаталары; $\Delta R = c\delta t_{\text{мүз}}$

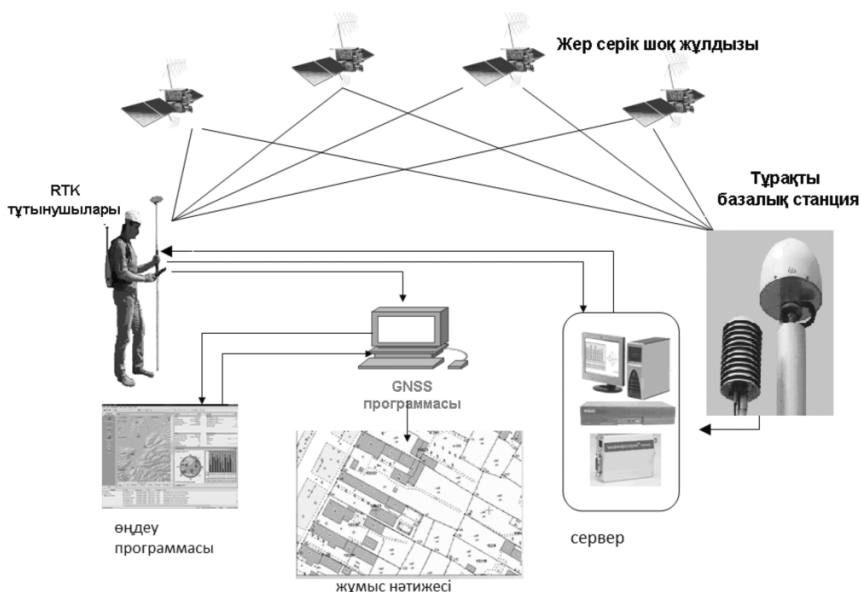
- қабылдағыш сағатының жүру дәлдігі дұрыс еместігінен туған анықталатын түзету.

Мұндай координаталық анықтау дәлдігі бірнеше метр деңгейіндегі қателіктермен бағаланады. Осыны ескеріп, берілген әдіс – навигациялық есептерді шешу кезінде ерекше қолданыста болады.

3.3.2. Дифференциалды әдіс

Геодезияға қатысты координаталарды анықтаудың жалған қашықтықты өлшеу әдісі көп жағдайда көмекші функцияларды орындайды. Негізінен, мұндай әдіс көбінесе, тіректі (референцтік-станция) нүктелердің координаталарды абсолюттік мәнін анықтау үшін пайдаланылады. Координаталарды анықтаудағы қажетті дәлдік мән мен 1м деңгейінде бағаланатын жағдайларда (мысалы, теңіз геодезиясында жеке жұмыс түрлеріндегі сияқты) дифференциалды жалған қашықтық өлшеуіштің өлшеу әдістерін қолдануға сүйенеді.

Екі қабылдағыш арасында тірек қабылдағышын мобильді ақпараттарды беру үшін, радиобайланыс арнасы ұйымдастырылады. Дифференциалдық тәсілде автономиялыққа қарағанда, екі



13- сурет. - GPS базалық станциясынан дифференциалдық коррекция жасау

қабылдағышпен өлшейді. Қабылдағышта дифференциалдық режиммен жұмыс істейтін мүмкіндік болу қажет. Бір қабылдағыш координатасы белгілі пунктке орнатылып, оны *базалық референцстанция (base or reference station)*, тірек немесе бақылау-түзеткіш деп атайды. Екінші қабылдағышты, (*жылжымалы немесе далалық ровер*) анықталатын нүктеге қояды. Базалық станцияның координаттары белгілі болғандықтан, оларды жаңадан анықталатын нүкте координаттарымен салыстырып, осы негізде жылжымалы станцияға түзетулер енгізуге болады. Түзетулердің бірнеше тәсілдері белгілі. Кодтау әдісімен өлшеу кезінде жалған қашықтық пен координаттарға түзетулер енгізіледі. Бірінші кезеңде – базалық станцияда өлшенген жалған қашықтықты координаталары белгілі жер серігі мен станция бойынша есептелген арақашықтықпен салыстырып, олардың айырмашылығын анықтайды. Бұл айырмашылықты – *дифференциалдық (differential corrections) түзетулер* деп атайды. Бұл айырмашылықтар қосымша радиобайланыс (радиомодем) арқылы жіберіледі. Жылжымалы станса дифференциалдық түзетулерді алған соң, өлшенген жалған қашықтыққа түзетулер енгізіп, өлшенген координаттарды есептейді. Басқа әдісте референцстанция белгілі координаттар және жеке (автономный) режимде анықталған координаттар арасындағы айырмашылықты анықтап, онымен жылжымалы станцияның анықтаған координатасын түзетеді. Мұнда екі қабылдағыш бір мезгілде жұмыс істегені дұрыс. Түзетулер өлшеу жұмыстары аяқталған соң «өңдеу режимінде» енгізіледі. Аталған түзетулерді мобильді қабылдағыштарда есепке алу (27) жұмыс формуласына кіретін түзетулер әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

3.3.3. Фазалық өлшеулер

Пайдалану тербелісін фазалық өлшеуді, жерсеріктік қабылдағыштарда орындаған кезде анықталатын шама – пайдалану тербелісінің жер серігінен қабылданатын фазасы болады. Ол қабылдағышта генерацияланатын сәйкес тербеліс фазасымен салыстырылады. Тасымалдаушы тербелістің жоғары жиілігіне және онымен байланысқан қолданылатын фазалы өлшеу құрылғыларының жоғары сезімталдығына байланысты, бұл әдістердің потенциалды мүмкіндіктері өте жоғары және миллиметрлі дәлдік деңгейіне сәйкес келеді. Осыған байланысты фазалық әдістер, әдетте, өлшеудің

жоғары дәлдігін қамтамасыз етуді алуан түрлі геодезиялық есептерді қарастыратын жерсеріктік жүйенің көмегімен шешу кезінде ол негізгісі болып есептеледі. Сонымен бірге, фазалық өлшеуді орындау кезінде оларға тән қиындықтар да пайда болады (негізінен, бірнеше өлшеудің шектік мәнін шешу проблемасы), оларды жою үшін сәйкес әдістер жасауға тура келеді.

Енді GPS жерсеріктік жүйесі үшін қолданылатын фазалық әдістің математикалық негіздемесін қысқаша түрде қарастыралық.

(15) формулаға сәйкес жерсеріктік қабылдағыш кірісіне келіп түсетін тасымалдаушы тербелістің ағымды фазасын келтіреміз:

$$\Phi_c(t) = f_c(t - \tau) + f_c \delta t_c, \quad (29)$$

мұндағы f_c – жерсеріктік аппаратурада әрекет ететін, өлшеуді орындау уақытына жататын тасымалдаушы тербеліс жиілігі; τ – тасымалдаушы тербеліс пен жер серігі қабылдағышы арасындағы белгісіз арақашықтықтың өту уақыты; δt_c – жер серігіндегі сағат көрсеткішінің жылжуы.

Қабылдағыштағы тірек тербелісін тасушы қалыпсыз ағындағы фазасы үшін мынаны аламыз:

$$\Phi_{np}(t) = f_{np}t + f \delta t_{np}, \quad (30)$$

мұндағы f_{np} – өлшеу кезі қабылдағыштағы тасушы тербелістің қалыпсыз жиілігі; δt_c – қабылдағыш сағаты көрсеткішінің жылжуы.

Жоғарыда аталған анықталатын тербелістер арасындағы толық фазалық ығысу, бұл кезде:

$$\Phi = \Phi_c(t) - \Phi_{np}(t) = -f_c \tau + f_c \delta t_c, -f_{np} \delta t_{np} + (f_c - f_{np})t \quad (31)$$

қатынасымен жазылады.

Фазалық өлшеуде фазалық ығысуды тек бір период шегінде өлшейтіндіктен, (18) формуласына сәйкес мынаны аламыз:

$$\Phi = N - \Delta \Phi, \quad (32)$$

мұндағы N – өлшенетін арақашықтықтағы фазалық – циклдік бүтін сан; $\Delta \Phi$ – қабылдағышта өлшенетін фазалар айырымының мәні.

f_c және $f_{\text{мүз}}$ тасымалдаушы жиіліктерінің номиналды мәндерден аз уақыт аралығындағы ауытқуы, Герцтің бөлшектік үлгісімен бағаланады. Осыдан $f_c \approx f_{np} \approx f - \text{деп}$ қабылдауға болады. Нәтижесінде (31) формуладағы соңғы мүшені ескермей, оны:

$$\Delta\Phi = f\tau + N + f(\delta t_{np} - \delta t_c) \quad (33)$$

түрде жазуға болады.

τ шамасы қабылданатын сигналдың кешігу уақытын көрсетеді. Сондықтан көп жағдайда бұл уақытты шартты түрде – *теріс мән* деп есептейді. Егер вакуумдағы жарық жылдамдығының мәні c - мен атмосфера әсеріне сәйкес түзетуін $\delta t_{\text{атм}}$ енгізсек, онда (33) формуласы:

$$\Delta\Phi = -f \frac{P}{c} + N + f(\delta t_{np} - \delta t_c) + f\delta t_{\text{атм}} \quad (34)$$

түрге келеді.

Осыдан:

$$\rho = \lambda(N - \Delta\Phi) + c(\delta t_{np} - \delta t_c) + c\delta t_{\text{атм}}, \quad (35)$$

мұндағы $\lambda = c/f$ – тасымалдаушы тербеліс толқынының ұзындығы.

$\Delta\Phi$ алдындағы таңба фазаметрдің жұмыс істеу режиміне тәуелді оң немесе теріс болуы мүмкін. (35) формуласының талдамасынан шығатыны – қажетті мәnnің дәлдігін см немесе мм деңгейінде дәл анықтау үшін берілген формулаға кіретін барлық түзетулері жоғары дәлдікпен ғана анықталмайды. Сонымен қатар, жер серігі мен қабылдағыш арасындағы өлшенетін арақашықтық шеңберінде тасымалдаушы тербелісінің, толқын ұзындығының бүтін санына сәйкес келетін белгісіз N мәнін табудың сенімді әдістерін пайдалану қажет.

(28) тендеулер жүйесімен бірігіп шешу нәтижесінде есептелген δt_{np} , түзету одан да төмен дәлдікпен сипатталады (шамамен жүз наносекунд деңгейінде немесе бірнеше метр реттік арақашықтықта).

$dt_{\text{атм}}$ метеотүзетуге келетін болсақ, екі жиілікті қабылдағыштарды пайдаланған кездегі оның қателігі сызықты өлшемде бірнеше метрге сәйкес келеді.

Мәндер бойынша едәуір қателіктердің болуына байланысты (35) тендеуі негізінде N мәнін анықтаудың тиімді әдістерін жазау мүмкін емес. Демек, белгісіз арақашықтықта фазалық әдістер негізінде анықтау мүмкін емес. Өйткені, қажетті арақашықтық

мәндерінің бірдей болмауын сенімді түрде шешу үшін $0,5\lambda$ -тен аз емес қателікпен анықталуы тиіс. Ол L_j негізгі тасымалдаушы жиілік үшін шамамен, 10 см құрайды.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, келтірілген түзетулерді анықтау дәлдіктерін қайта-қайта жоғарылату тәсілдерін іздеу әрекеттері алдын ала қабылданады. Нәтижесінде алынатын санақтардың айырымын анықтауға негізделген дифференциалдық теңдеулер, ең тиімдісі болып шықты.

3.4. Фазалық өлшеулердің айырымдары

Бірінші айырымдар – бір ЖНЖС-ні тармақталған бақылау пунктерінде орнатылған екі қабылдағышты қолдана отырып бір мезгілде бақылау әдісіне негізделген өлшеу түрі [1-5].

Бұл әдістің ерекшелігі – бір мезгілде екі тармақталған станцияларда алынған фазалық ығысу айырымы негізінде жүргізілетін өлшеу нәтижелерін өңдеуге байланысты, яғни:

$$\delta\Phi_{AB}^j = \Delta\Phi_B^j - \Delta\Phi_A^j; \quad (36)$$

мұндағы j – ЖНЖС нөмірі; А, В – жердегі бақылау пункттері. (34) теңдеуін (36)-ға қойып, мынаны аламыз:

$$\delta\Phi_{AB}^j = \frac{1}{\lambda}(\rho_A^j - \rho_B^j) + (N_A^j - N_B^j) + f(\delta\alpha_A - \delta\alpha_B) + f(\delta\alpha_{Aatm}^j - \delta\alpha_{Batm}^j); \quad (37)$$

мұндағы ρ_A^j, ρ_B^j - А және В нүктелерінде орнатылған ЖНЖ мен қабылдағыш арасындағы геометриялық арақашықтықтар; N_A^j, N_B^j – фазалық циклдердің бүтін сандары; f, l – тасымалдаушы тербелісінің толқын жиілігі мен ұзындығы; $\delta\alpha_A, \delta\alpha_B$ - А, В пункттеріндегі қабылдағыштардың сағат көрсеткішінің қабілеттері; $\delta\alpha_{Aatm}^j, \delta\alpha_{Batm}^j$ – радиосигналдардың сәйкес желілердегі атмосфералық кідірістері.

(37) формуладан белгілі болғандай, ЖНЖС-дағы сағат қателіктері жойылатыны көрініп тұр. Бір мезгілде атмосфералық кідіріс әсері де едәуір төмендейді. Өйткені, олардың абсолюттік мәндері емес, айырымы қалады.

Бірінші айырмашылық әдісінің кемшіліктері:

- кем дегенде екі қабылдағыш пайдалану қажеттілігі;

- екі қабылдағыш сағат жүрісінің, синхронды емес қателіктері;

Қабылдағыш сағаттарының қателері, бірінші айырымын құрудың екінші әдісінде алып тасталады. Оның мәні – екі ЖНЖС-ні бір қабылдағышпен бір мезгілде бақылауға байланысты. Бұл жағдайда фазалар айырымы:

$$\begin{aligned} \delta\Phi_{AB}^{jk} = \Delta\Phi_A^k - \Delta\Phi_A^j = \frac{1}{\lambda}(\rho_A^k - \rho_A^j) + (N_A^k - N_A^j) + \\ f(\delta t_k - \delta t_j) + f(\delta t_{A\text{атм}}^k - \delta t_{A\text{атм}}^j) \end{aligned} \quad (38)$$

қатынасымен жазылады.

Бұл әдісте бір ЖНЖС-ден екі қабылдағышқа дейінгі арақашықтықтың орнына, екі ЖНЖС-дан бір қабылдағышқа дейінгі қашықтық қолданылады.

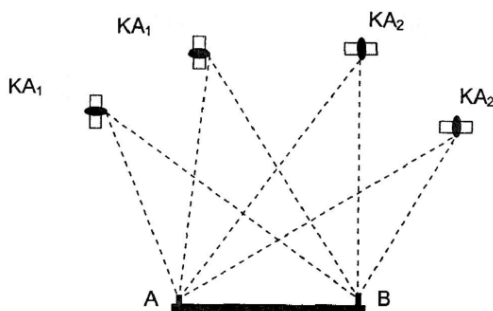
Екінші айырымдар – кем дегенде екі ЖНЖС-ні бақылау кезінде ең азы, екі қабылдағышпен өлшеу әдісі. Әдіс – бірінші айырым әдісінің екі түрінің комбинациясы болып табылады. Екінші айырым әдісі жоғары дәлдікті геодезиялық өлшеулер кезінде көп таралған.

Екінші айырымдар мына түрде болады:

$$\delta\Phi_{AB}^{jk} = \delta\Phi_{AB}^j - \delta\Phi_{AB}^k = \frac{1}{\lambda} \delta\rho_{AB}^{jk} + N_{AB}^{jk} + f\delta t_{AB\text{атм}}^{jk}, \quad (39)$$

мұндағы

$$\left. \begin{aligned} \delta\rho_{AB}^{jk} &= \rho_A^j - \rho_B^j - \rho_A^k + \rho_B^k; \\ \delta t_{AB\text{атм}}^{jk} &= \delta t_{B\text{атм}}^j - \delta t_{A\text{атм}}^j - \delta t_{B\text{атм}}^k + \delta t_{A\text{атм}}^k; \\ N_{AB}^{jk} &= N_B^j - N_A^j - N_B^k + N_A^k. \end{aligned} \right\} \quad (40)$$



14-сурет. Фазалық өлшеулердің айырымдарын анықтау

(39) формуладан шығатыны: ЖНЖС және қабылдағыш сағаттарының жүру қателіктері жойылады. Одан бөлек, қосымша атмосфера қателері азаяды. Сонда мәндердің бірдей болмау шегін шешу проблемасы, яғни N санын анықтау қалады.

Үшінші айырмашылық

– қабылдағыш пен ЖНЖС-ні бақылау кезінде қатысатын, бірақ әртүрлі сәттегі екінші айырмашылық аралығын құруға негізделген өлшеу әдісі. t_1 және t_2 екі уақыт сәті үшін (39) теңдеуге сәйкес, екінші айырым:

$$\begin{aligned}\delta\Phi_{AB}^{jk}(t_1) &= \frac{1}{\lambda} \delta\rho_{AB}^{jk}(t_1) + N_{AB}^{jk}(t_1) + f\delta t_{AB\text{амм}}^{jk}(t_1) ; \\ \delta\Phi_{AB}^{jk}(t_2) &= \frac{1}{\lambda} \delta\rho_{AB}^{jk}(t_2) + N_{AB}^{jk}(t_2) + f\delta t_{AB\text{амм}}^{jk}(t_2)\end{aligned}\quad (41)$$

түріне келеді.

Үшінші айырмашылық – осы қатынастар айырмашылығын береді:

$$\begin{aligned}\delta\Phi_{AB}^{jk}(t_{2-1}) &= \frac{1}{\lambda} \delta\rho_{AB}^{jk}(t_{2-1}) + N_{AB}^{jk}(t_{2-1}) + f\delta t_{AB\text{амм}}^{jk}(t_{2-1}), \\ \delta\rho_{AB}^{jk}(t_{2-1}) &= [\rho_A^j(t_2) - \rho_B^j(t_2) - \rho_A^k(t_2) + \rho_B^k(t_2)] \\ &\quad - [\rho_A^j(t_1) - \rho_B^j(t_1) - \rho_A^k(t_1) + \rho_B^k(t_1)];\end{aligned}\quad (42)$$

$$\left. \begin{aligned}N_{AB}^{jk}(t_{2-1}) &= [N_B^j(t_2) - N_A^j(t_2) - N_B^k(t_2) + N_A^k(t_2)] \\ &\quad - [N_B^j(t_1) - N_A^j(t_1) - N_B^k(t_1) + N_A^k(t_1)] = \\ &= \Delta N_{Aj}^j(t_{2-1}) - \Delta N_{Bj}^j(t_{2-1}) - \Delta N_{Ak}^k(t_{2-1}) + \Delta N_{Bk}^k(t_{2-1}); \\ \delta t_{AB\text{амм}}^{jk}(t_{2-1}) &= \delta t_{AB\text{амм}}^{jk}(t_2) - \delta t_{AB\text{амм}}^{jk}(t_1) .\end{aligned}\right\} \quad (43)$$

(42) формуладан шығатыны – үшінші айырмашылық әдісімен өлшеген кезде арақашықтықтың абсолюттік мәндері емес, олардың уақыт бойынша $\Delta t = t_2 - t_1$ өсімшесі жазылады. Бұл кезде белгісіз мәндерді беретін N фаза циклдерінің толық мәнінің орнына, өткен уақыт аралығындағы олардың өсімшелері тіркеледі. Бұл өсімшелер ЖНЖС радиосигналдарының үздіксіз бақылау кезіндегі фазалық өлшеу құрылғысының көрсеткіші бойынша анықталады.

Әдістің негізгі кемшілігі – дәлдігі төмен. Қателік айырмашылығы бар мәндерден абсолютті мәндерге өткен кезде, айырмашылыққа сәйкес көбейткішке көбейту қажеттілігі нәтижесінде пайда болады, ол кезде қателік те көбейтіледі. Осы себептен, үшінші айырмашылық әдісі – көмекші ретінде қолданылады.

3.5. Мәндердің бірдей болмау шегін шешу принциптері

Толық циклдер санын анықтау қиыншылығы 10^8 реттік үлкен мөлшерге байланысты. Сонымен қатар, бұл сан ЖНЖС қозғалысының әсерінен үздіксіз өзгереді де, мәндердің бірдей болмауын бірнеше ЖНЖС үшін бір мезгілде анықтау қажет.

Мәндердің бірдей болмауын шешу әдісін жасау кезінде мынандай факторлар ескеріледі:

- мәндердің бірдей болмау шегін шешу процедурасы алдында барлық негізгі жүйелік қателіктер алып тасталады;
- N санын көп ретті анықтау қажеттілігі – оның бастапқы бақылау нүктесінде анықтаудан кейін жойылады. Содан кейін фаза өлшегіш құрылғы көрсеткіштері бойынша оның өзгерістері зерттеледі;
- арақашықтықты алдын ала есептеу, тасымалдаушы тербеліс толқыны ұзындығының жартысынан кем емес дәлдікте жүргізілуі тиіс;
- әдістер әмбебап және әртүрлі қабылдағыштарда іске асыруға қолайлы болуы қажет.

Мәндердің бірдей болмауын шешудің ең көп тараған әдістері – оның бақыланатын ЖНЖС-нің іздеу траекториясында бастапқы нүктесінің жұмыс істеу мүмкіндігінде. Мұндай әдістерге:

- геометриялық әдіс;
- кодтық және фазалық өлшеу әдістерінің үйлесімі;
- N мәнінің ықтимал мәнін іздеу әдісі;
- тривальды емес әдістер жатады.

Геометриялық әдістің мәні – қабылдағышпен радиосигналды ұстап алғаннан кейін, фазалық өлшеу бастамасы – фазаның бүтін сандық өзгерістері, яғни циклдері үздіксіз қадағаланады. Белгісіз бастапқы N мәні бұл кезде ЖНЖС қозғалу траекториясының барлық нүктелерінде өзгермейтін болып саналады. (34) теңдеуі:

$$\Delta\Phi = -f \frac{P}{c} + N + \Delta N + f(\delta_{np} - \delta_c) + f\delta_{атм} \quad (44)$$

түрінде қабылданады.

Мұндағы ΔN ЖНЖС-нің орбитадағы қозғалысының әсерінен, фазалық циклдердің бүтін санды өзгерістері. N мәні белгісіздер

санына қосылып, ЖНЖС-нің қозғалу траекториясының әртүрлі нүктелеріндегі санау кезінде құрылатын теңдеулер жүйесін шешу процесінде анықталады. Бұл әдісте дифференциалды өлшеудің бірінші, екінші айырымдары іске асырылады. Осы әдістегі N -ді анықтау сенімділігі ЖНЖС-ні қадағалау ұзақтығына тәуелді. Бұл кезде ЖНЖС-ні қадағалау үздіксіздігін қамтамасыз ету қажет. Әдістің артықшылығы мен кемшіліктері – бұл кезде қолданылатын фазалық өлшеу айырымдарына байланыстылығы.

Кодтық және фазалық өлшеулерді үйлесімді пайдалану әдісінің мәні – екі жиілікті фазалық өлшеу ерекшеліктеріне негізделген. Екі жиілікті өлшеулерде $L1$ және $L2$ тасымалдаушы жиіліктеріндегі фазалардың ығысу және олардың арасындағы айырымды анықтау мүмкіндігі ұсынылады, яғни:

$$\Delta\Phi_{\Delta L} = \Delta\Phi_{L1} - \Delta\Phi_{L2}. \quad (45)$$

ΔL жиілік айырымына тән, фазалық ығысуда эквивалентті алынатын айырмашылықтың номиналдың мәні:

$$f_{\Delta L} = f_{L1} - f_{L2} = 1575,42 - 1227,6 = 347,82 \text{ МГц} - \text{ге} \quad (46)$$

тең.

Мұндай тербелістердің толқын ұзындығы 86,2 см, ол тасымалдаушы тербелістің толқын ұзындығынан 19,0 – 24,4 см-ге едәуір асып өтеді. Осылай, N саны бірден төмендейді. Едәуір төмен жиілікті тербелістерге өту әдісі – *кең жол әдісі* деп аталады. ЖНЖС-ге дейінгі ұзақтықтың белгілі жорамал мәнінде осы әдіспен мәндері бірдей болмауын шешу едәуір жеңілдейді. Қашықтықты жорамал мәні кодтық әдістермен анықталады. Бұл кезде дәлдік $0,5l_{DL} \gg 43$ см-ден кем болмауы тиіс. Ол сигнал шу және Р-кодқа кіру қатынасында жақсы көрсеткіштері бар қабылдағыштармен қамтамасыз етіледі.

Әдістің артықшылығы:

- нәтижелердің ЖНЖС-нің орналасу геометриясына тәуелсіздігі;
- кинематикалық режимде қолдануға болатыны;
- өлшеу мәндерінің бірдей болмау шегін әртүрлі арақашықтықтағы базистік сызықтар үшін шешу мүмкіндігі.

Циклдің бүтін санының ең ықтимал мәнін іздеу әдісінің мәні: базисті екі қабылдағышпен өлшеген кезде, бақылау сеан-

сы процесіндегі оның ұзындығы, базис ұзындығына жайласатын циклдер саны сияқты тұрақты болып қалуы тиіс жорамалдарға негізделеді.

Бақылау сеансы процесінде ЖНЖС-ге дейінгі ұзақтықты қайта-қайта анықтау мен базис ұзындығын есептеу мүмкіндігін беретін өлшем сандары жинақталады. Бұл кезде базис ұзындығының есептелген мәні – N саны дұрыс анықталса, минималь болады. Ал өлшеудің жеке нәтижелерін топтастыру базис ұзындығына жайласқан циклдердің дұрыс мәндерінің айналасында жүреді. Сәйкесінше, ең жарамды циклдер санын пайдалана отырып, тізбектегі іріктеу әдісі мен мәндердің бірдей болмауын шешу мүмкіндігі туады. Олардың негізінде GPS-қабылдағыштар мен орнын анықтаудың «Жылдам статика» технологиясы жасалды. Ол ұзындығы шамалы базистік аралықтарды өлшеу кезінде кеңінен тарады.

Әдістің артықшылығы:

- өлшеу мәндерінің бірдей болмау шегін шешу;
- есепті салыстырмалы жылдам шешу;
- бір және екі жиілікті қабылдағыштарды пайдалану мүмкіндігі.

Әдістің кемшіліктері:

- жайылмайтын жүйелі қателіктерге сезімталдығы (радиосигналдардың бейнеленуі);
- бақылау кезіндегі ЖНЖС-нің максималь санын пайдалану;
- мәндердің бірдей болмау шегін шешу сапасын бағалау критерийлерінің жеткіліксіздігі.

Өлшеу мәндерінің бірдей болмау шегін шешудің тривиальды емес әдістерінің мәні – сипатталған әдістердің әртүрлі модификациясын пайдаланудан және процесті қайталауға мүмкіндік беретін әртүрлі әдістерді кешендеуден тұрады. Мұндай әдістерге «реокупация» әдісі жатады. Ол пункттерде 1 – 2 сағат сайын қайта бақылаудан тұрады. Өңдеу кезінде бұл жоғары көлемдегі деректерді береді.

Екі жиілікті өлшемді қолданған кезде L_1 және L_2 жиіліктегі санаудың барлық мүмкін комбинациялары пайдаланылады. Бұл кезде аса төменгі аралық жиіліктерді алу міндеті қойылады. Ұзақ бақылау кезінде (бірнеше тәулікке дейін) мәндердің бірдей болмау шегін шешуге қолайлы уақыт аралығынан тыс деректер алу мүмкіндігі пайда болады.

Жерсеріктік өлшем деректерін өңдеудің жалпы сызбанұсқасы қабылдағыш функцияларының бірі – кодтық сигналдардың кешігу

уақыты мен тасымалдаушы тербелістердің фазалық ығысуларын қолдануға негізделген.

Қабылдағыштағы кодтық сигналдар негізінде жер серігінен қабылдағышқа дейін өту уақыты:

$$\tau_{изм} = (t_{np} + \delta t_{np}) - (t_{пер} + \delta t_{пер}) = \tau_{ист} + \delta \tau, \quad (47)$$

формуласымен анықталады.

Мұндағы $\tau_{изм}$ – сигналдың жер серігі мен қабылдағыш сағаты бойынша тіркелген өту уақыты; $t_{бер}$ және $t_{қаб}$ – сигналды беру мен қабылдаудың эталондық сағат бойынша уақыт сәттері; $\tau_{изм} = t_{қаб} - t_{бер}$ сигналдың жүріп өткен ара қашықтығының нақты уақыты; $\tau_{изм} = t_{қаб} - t_{бер}$ жер серігі мен қабылдағыштағы сағат жүрісінің синхронды еместігіне түзету.

Өлшенген уақыт бойынша R арақашықтығы есептеледі.

$$R = \nu \tau_{изм} = \nu (\tau_{ист} + \delta \tau) = \rho + \nu \delta \tau; \quad (48)$$

мұндағы ρ – жер серігіне дейінгі шынайы арақашықтық, $\nu \delta \tau$ – жер серігі мен қабылдағыш сағаттарының көрсеткіштер айырымын түзету мүшесі. Түзету мәні жүз, одан да көп метрге жетуі мүмкін және ол сағат жүрісінің тұрақтылығына тәуелді келеді.

Бұл қашықтықты өлшеудің біржақты принципі, бір жер серігінен қабылдағыштың шексіз санына дейінгі арақашықтықтарды бір мезгілде анықтауға мүмкіндік береді. Оның кемшілігі – қашықтық өлшеуіш кодтарды генерациялаушы тірек генераторларының синхронды еместігінен туған түзетуді есепке алу қажеттілігі болып табылады.

Төрт жер серігіне дейінгі арақашықтықты бір мезгілде өлшеу және қабылдағыштағы барлық жер серігі координаталары жөніндегі ақпараттар қабылдағыштың есептеу кешеніне кеңістіктік сызықты қиылыстыру негізінде, пункттердің координаталарын анықтауға мүмкіндік береді.

Жерсеріктік позициялау жүйесін геодезияда пайдалану кезінде, бақылауды өңдеудің барлық процесін екі негізгі сатыға бөледі:

- алдын ала, қабылдағышта жүргізілетін өңдеу;
- камералдық жағдайларда ақырғы өңдеу кезеңі «пост - өңдеу».

Өңдеудің ақырғы сатысы көп нұсқадан тұрады, ол ең алдымен, соңғы мақсатқа тәуелді. Негізінен, практикада мынадай есептеу процестер стратегиясы жиі қолданылады:

- жеке базистік сызықтарды анықтау және олардың желідегі тізбектей бірігуі;
- бір мезгілде көптеген станциялар үшін алынған бір сеанстық нәтижелерді есептеу.

Бақылау сұрақтары:

1. ЖРНЖ-де әскери секторына қандай ерекшеліктер тән?
2. Геодезиялық қабылдау-есептеу кешенінде қандай функциялар бар?
3. Далалық жағдайларда аппаратура қандай көмекші есептерді шешеді?
4. GPS қабылдағышының антенналық құрылғысы не үшін қолданылады?
5. Көпжолдық деген не?
6. ЖРНЖ-дегі орнын нүкте анықтау негізіне не жатады?
7. Позициялау сөзі ЖРНЖ-де қандай себеппен қолданылады?
8. ЖРНЖ-де кодтық қашықтық өлшеу өлшемдерінің мәні неде?
9. ЖРНЖ-де фазалық қашықтық өлшеу өлшемдерінің мәні неде?
10. Ара қашықтықты фазалық әдіспен өлшеудің қандай ерекшеліктері бар?
11. Бірнеше өлшеудің шектік мәні дегенді қалай түсінесіз?
12. Сызықты фазалық әдіспен өлшеудің негізгі формуласына қандай параметрлер кіреді?
13. Координаталарды анықтаудың абсолюттік әдісінің мәні неде?
14. Координаталарды анықтаудың дифференциалдық әдісінің мәні неде?
15. Геодезияда нүктенің орнын анықтаудың қандай әдісі қолданылады?
16. Бірнеше өлшеудің шектігін шешу дегеніміз не?
17. Геодезиялық GPS қабылдағыштарында арақашықтықты анықтаудың қандай әдістері қолданылады?
18. Ионосфера әсерінің қателіктері қалай жойылады?
19. Фазалық өлшеулер кезіндегі қателіктер қалай жойылады?
20. Жалған қашықтық өлшеуіштің өлшеуі кезіндегі негізгі көрсеткішке не жатады?
21. Қашықтықты фазалы анықтау әдісінде не өлшенеді?
22. Фазалық өлшеу әдісінде N саны нені білдіреді?
23. Бірнеше өлшеудің шектік мәнін шешу бойынша тиімді әдістемелерді өңдеу неге мүмкін емес?

4-БӨЛІМ. ЖЕРСЕРІКТІК ӨЛШЕУДІҢ ЖҮЙЕЛІ ҚАТЕЛІКТЕРІНІҢ КӨЗДЕРІ

4.1. Қателік көздерін жіктеу

Қателік көздерінің әсер ету сипатына байланысты пайда болатын қателіктер, екі негізгі топқа бөлінеді: *жүйелі қателіктер*, олар жерсеріктік өлшеулерге қатысты – *ығысу* деп аталады. Сонымен қатар *кездейсоқ сипаттағы қателіктер*, оларды көбінесе «шу» ұғымымен теңдестіреді.

Бірінші топтың қателіктері үшін оларды ескерудің арнайы әдістері жасалады. Екінші топтың әсерін көп жағдайда, үлкен массивті жеке өлшеулерді пайдалану есебінен азайтуға болады. GPS және ГЛОНАСС жүйелеріне тән өлшеу процестерін талдауға байланысты, барлық негізгі қателік көздерін шартты түрде үш негізгі топқа бөлуге болады [1,2,6]:

1) бастапқы деректерді нақты білмеуге байланысты қателіктер; онда анықтаушы рөл мәндерінің – өлшеу кезеңінде белгілі болуы тиіс жер серігі эфемеридтерін білу қателіктеріне жүктеледі;

2) сыртқы орта әсерінен туған қателіктер; олардың ішінен жерсеріктік өлшеу нәтижелеріне атмосфераның (ионосфера мен тропосфера) әсері сияқты, сондай-ақ қоршаған объектілерден шағылысатын радиосигналдар (көпжолдылық) сияқты *қателік* көздерін бөліп көрсетуге болады;

3) құрал-жабдықтық қателік көздері, оларға қабылдағыш антеннасының фазалық орталағының күйін дәл білмеу, ақпараттық сигналдардың аппаратура арқылы өткен кезде ескерілмеген уақыттық кідірістері жатады. Сондай-ақ, жерсеріктік қабылдағыштардың тіркеу құрылғылары жұмысына байланысты қателіктер де жатады.

Жоғарыда айтылған қате топтарымен бірге, қателіктердің пайда болуын дәлелдейтін жеке факторларды да ескеруге тура келеді. Олар жоғарыда айтылған топтардың біреуіне де тиісті емес. Негізінен, мұндай қателіктерге – бақыланатын жерсеріктерінің өзара тиімсіз орналасу салдарынан пайда болатын қателіктер жатуы мүмкін (геометриялық фактор). Одан бөлек, бірқатар қателіктер бір координаталық жүйеден, екіншісіне ауысу процесінде, мысалы, GPS жүйесіне қатысты WGS-84 ғаламдық-координаталық жүйеден

жергілікті координаталық жүйесіне ауысу кезінде пайда болуы мүмкін.

4.1.1. Жерсеріктік эфемеридтерін дәл білмеуге байланысты қателік көздері

Жер бетіндегі нүктелердің координаталарын жерсеріктік әдіспен анықтаған кезде, жер серігіне дейінгі арақашықты өлшеумен бірге, оның өлшеуді орындаған сәттегі орналасқан жерін анықтап беретін эфемеридтерін де (координаталарын) білу қажет. *Эфемерид қателіктері* – анықталатын нүктелердің координаталарының абсолюттік мәні мен бақылау пункттері арасындағы айырымдарын анықтаудың сәйкес қателіктерін тудырады. Эфемеридтерді дәл білмеу механизмі, ең алдымен, практикадағы болжанатын (қалыпты) және нақты (қалыпсыз жағдайлар туғызатын күштер) орбиталар арасындағы бақыланатын айырмашылықтарға байланысты. Қалыпсыз жағдайлар туғызатын күштерге – гравитациялық және гравитациялық емес факторларды жатқызуға болады. Өртүрлі факторлардың GPS және ГЛОНАСС типтегі жерсеріктерінің қозғалысына әсері *3-кестеде* келтірілген.

Нақты орбитаның есептеуден ауытқуына жердің гравитациялық өрісі ең көп әсер етеді. Негізінен, C_{20} екінші гармоникалық коэффициенттің әсерінен мұндай ауытқуы – орбитаның үш сағаттық доғасы үшін 2 км, ал одан да ұзақ екі тәуліктік доғасы үшін 14 км-ге дейін жетеді. Мұндай едәуір ауытқуларды кез келген түрдегі жерсеріктік өлшеулер үшін есептеуге болмайды.

3- кесте

Түрлі факторлардың ЖНЖС қозғалысына әсері

Қалыпсыздық тудыратын факторлар	Қалыпсыздықтың максимум жылдамдығы, м/с ²	1 сағаттағы максималь қалыпсыздық, М
Жердің орталық гравитациялық өрісі	$5,65 \times 10^{-1}$	-
Екінші аймақтық гармоника	$5,3 \times 10^{-5}$	300
Ай гравитациясы	$5,5 \times 10^{-6}$	40

Күн гравитациясы	3×10^{-6}	20
Төртінші аймақтық гармоника	10^{-7}	0,6
Күн радиациясы	10^{-7}	0,6
Гравитациялық ауытқу	10^{-8}	0,06
Басқа факторлар	10^{-8}	0,06

Ай мен Күн массасының жалпы гравитациялық әсері елеулі түрде кіші, бірақ болжау кезінде эфемерид мәндерін ескерген жөн. Гравитациялы емес факторлардың әсерлерін бағалауға өткенде, GPS пен ГЛОНАСС жүйелері құрамына кіретін жерсеріктерінің эфемеридтерін дәл анықтауда, күннің радиациялық қысымы елеулі әсер ететінін айта кеткен жөн. Жер серігінің есептеу траекториясынан осы фактордың әсер етуі, ауытқуы 5 - 6 м (3 сағаттық доға үшін) және 100 – 800 м 2 тәуліктік доға үшін) құрайды. Ауытқу тербелісі мынадай себептерден пайда болады:

- күн сәулесінің қарқындылығы уақыт өткен сайын тұрақсызданады;
- берілген фактор моделінің әсері жер серігінің көлеңке аймағы мен жартылай көлеңке аймағына өткен кезде едәуір өзгереді;
- жер серігінің тиімді беті өзінің күрделі конфигурациясы мен жер серігінің кеңістіктегі күйінің түрленуінен, алдын ала дұрыс есептелмейді;
- жер бетінен шағылысқан күн радиациясы жер бетінің күннен сәулеленген аймақтарының шағылыстыру қасиеттері мен атмосфералық жағдайларына тәуелді.

Жоғарыда келтірілген қозғаушы факторлардың жалпы әсерлері, жер серігінің нақты орбиталарын алғашқы жорамал түрде есептеген кезде ғана қолданылады. Жердегі бақылаушыларға қажетті жер серігі эфемеридтерінің мәнін алсақ, онда практикада координаталары белгілі және жер серігінде автоматты режимде жоғары дәлдікте үздіксіз бақылайтын пункттерде орнатылған тірек станцияларын пайдалануға негізделген.

Радиоканал бойынша берілетін эфемерид мәндерінің дәлдігі шамамен, 20м қателікпен сипатталады. Геодезиялық жерсеріктік дифференциалды өлшеу дәлдігін шамамен, $1 \cdot 10^6$ деңгейде қамтамасыз етеді. Ол көптеген геодезиялық жұмыс талаптарын қанағаттандырады. Алайда, жер қыртысының қозғалысын зертте-

уге арналған ғаламдық жоғары дәлдіктегі желілердің кең дамуына байланысты, аталған деңгей жеткіліксіз. Мұндай жағдайларда эфемеридтерді – апостериорлы анықтау әдісі пайдаланылады. Оның мәні – өлшеуді ақырғы рет өңдеу эфемеридтердің нақты мәндері болып есептеледі.

Апостериорлы әдістерде эфемеридтерді тәртіппен анықтауға, яғни бұл дәлдікті бірнеше метр бірлікке жеткізуге болады. Мұндай тәсілде эфемеридтерді білу қателігі, кез келген геодезиялық есептерді іс жүзінде шешу кезіндегі жерсеріктік өлшемнің нәтижелі дәлдігіне едәуір әсер етіледі.

4.1.2. Ионосфераның әсері

Атмосфераның иондалған қабатының электрлік қасиеттері олардан әртүрлі жиілік аумақтағы радиосигналдардың өтуіне үлкен әсер етеді. ЖРНЖ-ге қатысты ионосферадағы бос электрондар, жер серігінен ионосфера арқылы өтетін электрмагниттік толқындардың әсерінен, екінші реттегі толқын көздері болып саналады. Олар бірінші реттегі толқындармен өзара әрекеттескен кезде, біршама реттік айрықша таралу жылдамдықтағы нәтижелі толқындардың пайда болуына алып келеді. Оның мәні – вакуумдағы жарық жылдамдығынан төмен не жоғары болуы мүмкін.

Ионосфералық кідіріс, әдетте, жалған қашықтық өлшеуішті түзеткен кезде есептеледі. Олардың мәндері 5-тен 50 м-ге дейінгі аралықтағы шамалармен бағаланады. Ионосфера әсерін есепке алу әдістері онша сенімді емес және ол жоғары өлшеу дәлдігін қамтамасыз етпейді. Осыған байланысты ол, координаталарды анықтаудың абсолюттік әдістеріндегі навигацияда қолданылады.

Жерсеріктік өлшемді геодезияда пайдаланған кезде L_1 мен L_2 тасымалдаушы жиіліктерін қолдануға негізделген ионосфераның әсерін есепке алу әдісі көп тарады. Өлшеуді екі тасымалдаушы жиілікте орындау негізінде, тек қана ионосфера әсерінен іс жүзінде бос өлшенетін арақашықтықтың шамасын ғана емес, ионосфералық түзету мәнін де анықтауға болады.

Ионосфера әсерін қосымша әлсіретуге дифференциалды өлшеу әдісін пайдалану есебінен жетуге болады. Оның ерекшеліктерінің бірі: соңғы есептеулер кезінде ионосфералық кідірістердің абсолюттік емес мәндерінің орнына жер серігін елді мекенде жағалай

орналасқан екі станциямен қосатын радиосәуле траекториясына сай келетін, олардың айырымдары қолданылады. Одан бөлек, нақты жұмыстарды – ионосфера әсерін едәуір азайтатын түнгі уақытта орындау ұсынылады.

Ионосфера әсерін әлсіретумен күресудің ең тиімді әдістері – екі жиілікті дифференциалды фазалық өлшеуге негізделген әдістер болып саналады. Олар жергілікті жердегі ұзақтығы әртүрлі аралықтарды сантиметрлі және миллиметрлі дәлдік деңгейде өлшеу мүмкіндігін береді.

4.1.3. Тропосфераның әсері

Тропосфераның ерекшелігі – атмосфераның осы бөлігі бейтарап (иондалмаған) орта болып табылады. Сондықтан 15ГГц-тен аз радиоауқым жиіліктері үшін ол дисперсияға ұшырамаған орта болып қарастырылады. Соның салдарынан, ондағы радиотолқындардың таралу жылдамдығы жиілікке тәуелді емес. Бұл кездегі фазалық және топтық жылдамдықтар бірдей болғандықтан тропосфераның фазалық және кодтық өлшемдерге әсерін жеке-жеке оқудың қажеті жоқ. Мұндай әсерді есепке алу әдістерін жасаған кезде, жоғарыда жазылған екі түрлі тасымалдаушы жиіліктерді де өлшеу принциптерін қолдану мүмкіндігі туады. Соның салдарынан осы күйдің орнын модельдеу әдісі алады.

Қазіргі кезде тропосфера әсерін ескеру үшін едәуір мөлшердегі әртүрлі модельдер ұсынылған. Олар сигналдардың ғарыштық объектілерден жер бетінде орналасқан пункттерге дейін өту кезіндегі, тропосфералық қабаттың кедергісі шамасын бағалауға мүмкіндік береді. GPS типті жерсеріктік позициялау жүйелеріне қатысты Хопфильд моделі едәуір көп тарады. Мұндай модельді жасау кезінде тропосфераның сынғыш қасиеттерін «құрғақ» және «ылғал» құрамбөліктерге бөлу мақсатына негізделген.

Орындалған есептеулер «құрғақ» құрамбөлік – тропо-сфералық қабаттың толық кедергісінің шамамен 90%-ын, ал «ылғал» құрамбөлік қоры, оның шамамен 10%-ын құрайтынын көрсетті. Зениттік бағыт үшін жалпы тропосфералық кедергінің сандық бағасы шамамен, 2,3 м-ді құрайды. Жер серігінің горизонтқа жақындау шамасы бойынша, бұл мән едәуір өсіп, шамамен, көкжиектен 10^0 биіктікте 20 м-ге жетеді.

Тропосфералық кедергіні бағалауға қажет ақпараттар тікелей бақылау пунктінде алынатын болса, онда жер серігінен берілетін навигациялық деректер құрамындағы сәйкес түзетулерді осы мақсатта пайдалану қажеттілігі туындамайды.

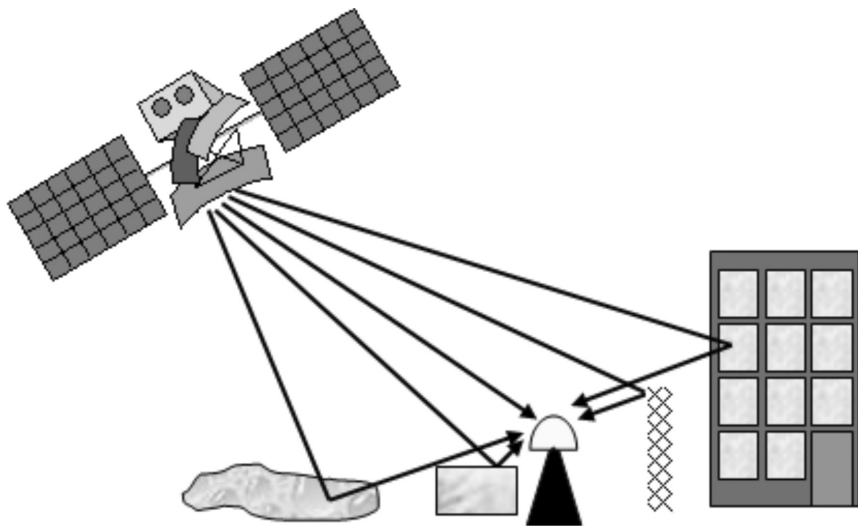
Жоғарыда айтып өткендей, тропосфералық кедергі параметрлерін есептеу үшін, атмосфераның қабылдаған стандартты моделіне тән ауаның температурасы, қысымы және ылғалдылығының мәндері қолданылуы мүмкін. Алайда, аса дәл жұмыстарды жүргізу кезінде, осы параметрлерді тікелей бақылау пунктерінде өлшеу ұсынылады.

Тропосфераның жерсеріктік өлшеулерге әсері, дифференциалды бақылау әдістерін пайдалану есебінен едәуір әлсірейді. Онда соңғы нәтижелерге тропосфералық қабаттың кедергісі – абсолюттік емес мәндерінің орнына, олардың айырымдары әсер етеді. Сонымен қатар, қазіргі кездегі жерсеріктік координаталық анықтамалардың жинақталған тәжірибесі, тропосфералық модельдеу әдісін қолданғанда бұл қателік көзі – жоғары дәлдіктегі өлшеуді жүргізгендегі негізгілердің бірі болып шығатынын көрсетті. Бұл кездегі ауа ылғалдылығын модельдеу процесінде едәуір қиыншылықтар туындайды. Оларды кей жағдайда, жерсеріктік өлшеудің жоғары шекті дәлдігін іске асыру қажет болғанда, оны жою үшін су буының радиометрлері қолданылады. Олардың көмегімен ауа ылғалдылығының интегралдық мәнін, радиосигналдардың жер серігінен қабылдағышқа дейін өту жолын анықтауға мүмкіндік туады. Тропосфералық қабаттың кедергісі, жерсеріктік өлшемді өңдеу процесінде, осы параметрді тендеулер жүйесінде бірігіп шешу процесінде белгісіз шама деп қарап, оны есептеуге негізделген екінші әдіс бар. Мұндай әдіс, ауаның жоғары ылғалдылық жағдайларында өлшеу жүргізген кезде өте тиімді болып шықты. Осыған байланысты оны халықаралық ұйымдар жерсеріктік өлшеу нәтижелерін түзету үшін ғана емес, сонымен қатар атмосферадағы су булары құрамының кеңістіктікте таралуы бейнеленетін тропосфералық карталарды жасау мақсатында метеорологияда да қолдануды ұсынған.

4.1.4. Көпжолдылық

Көпжолдылық – радиосигналдардың жерсеріктік қабылдағыштың антеннасына жер серігін бақылау пунктімен қосатын тура жолмен ғана емес, қабылдағыштарды қоршаған әртүрлі объектілерден

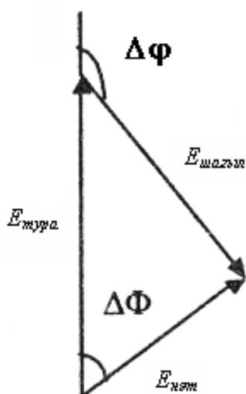
шағылысу есебінен түзілген сынық жолдар бойынша да (жер және су беті, құрылыс пен ғимараттар, т.б) жетуі, *15-суретте* жерсеріктік радиосигналдардың қабылдағыш кірісіне түсер алдындағы бейнесінің пайда болу механизмдері көрсетілген.



15-сурет. Сигналдардың көпжолдылық әсері

Жоғары ұзақтықтағы жолды жүріп өткен шағылысқан радиосигналдар болған кезде, радиоқашықтық өлшеуіштің өлшеу нәтижелеріне, өлшеудің соңғы дәлдігіне әсер ететін қосымша қателік енгізіледі. Көпжолдылық қабылдағышқа келіп түсетін сигналдардың едәуір әлсіреуіне, ал кей жағдайда қабылдағыштың қалыпты жұмысынан толық бұзылуына себепші болуы мүмкін.

Бейненің тасымалдаушы және модуляциялаушы тербелістерге әсер ету механизмдерінде елеулі айырмашылық анықталды. Жерсеріктік өлшеулерде аталған тербелістердің екі типі де қолданылуына байланысты, бұл әсерді тасымалдаушы тербелісті қолдануға негізделген фазалық өлшеулерге де, модуляцияланған сигналдар қабылдағышына негізделген кодтық өлшеулерге де қатысты бағалаймыз. Көпжолдылықтың тасымалдаушы тербелістерге тікелей әсер ету процесі оңай және көрнекі сипатталатындықтан, мұндай әсердің механизмін тасымалдаушы тербеліске қатысты фазалық өлшеулерде қарастырамыз (*16-сурет*).



16 - сурет. Тура және шағылысқан сигналдардың векторлық қосындысы

Қандай да бір объектіден шағылысқан радиосигнал артық $D\rho$ жолды жүріп өтіп, нәтижесінде тура сигналмен салыстырғанда қосымша фазалық Dj ығысу алады делік. Ол ығысу фазалау цикл үлесінде:

$$\Delta\varphi = f \frac{\Delta\rho}{v}, \quad (49)$$

формуласымен бағалануы мүмкін:

Мұндағы f – тасымалдаушы тербеліс жиілігі; v – электромагниттік толқындардың таралу жылдамдығы.

Жерсеріктік қабылдағыштың антенналық құрылғысына шағылысқан кезде, бір мезгілде $E_{тура}$ немесе $E_{шағыл}$ векторларымен сипатталатын радиосигналдар келіп түседі. Оларды қосқан кезде нәтижелеуші сигнал тура сигналдарға қатысты $D\Phi$ шамасына тең болады:

$$\operatorname{tg}(\Delta\Phi) = \frac{k \sin(\Delta\varphi)}{1 + k \cos(\Delta\varphi)}, \quad (50)$$

мұндағы $k = E_{шағыл} / E_{тура}$ – сигналдың шамамен шағылыстыратын беттің шағылысу коэффициентіне тең әлсіреу коэффициенті.

Фазалық өлшеудің максималь қателігі көпжолдылық салдарынан шамамен 5 см - ге жетуі мүмкін.

Кодтық өлшеуді орындаған кезде қателікті өлшеу механизмі көпжолдылыққа байланысты едәуір күрделенеді. Кодтық өлшеу нәтижесіндегі қателіктерді есептеген кезде, жоғарыда айтылған тасымалдаушы тербеліске тән фазалық ығысу модуляцияланатын (яғни, кодтық) сигналдарға ие болатын фазалық ығысуға өтеді. Осы кезде тасымалдаушы тербеліске тән бірнеше сантиметрдегі жүріс айырымы ондаған метрмен бағаланатын модуляциялаушы тербелістер үшін жүріп өткен жүріс айырымына өзгереді. Сонда, жалпыға ортақ код жөнінде ақпараты бар және сигналдардың толқын ұзындығы шамамен, 300 м, деңгейдегі фазалық ығысу 90° -ды құрап, 75 м шама-сында бағаланатын қателікті тудырады.

Алдымен кодтық өлшеу нәтижелеріне көпжолдылықтың әсерін әлсірету шаралары ерекше назар аударады. Бұл қателіктерді

бәсеңдету мүмкін емес. Өйткені, көпжолдылықтың пайда болуына септігін тигізуші жағдай, әрбір нақты бақылау пунктіне тән.

Көпжолдылыққа байланысты қателік көздерінің әсерін бәсеңдету бойынша ұсыныстар:

1) бақылау пункттерін орналастыру жерлерін жерсеріктік қабылдағыш-тың антенналық жүйесіне жақын, шағылыстыру объектілері болмайтындай етіп есептеу жолын таңдап алған жөн;

2) жерсеріктік қабылдағыштар үшін антенналы жүйелерді жасаған кезде, шағылысқан радиосигналдардың антенна кірісіне келіп түсуіне кедергі жасайтын, қосымша кері қайтару жабдықтар орнату қажеттігіне көңіл бөлген жөн (антенна астына экран орнату);

3) шағылысу әсеріне ұшырайтын пункттерде бақылау сеансы ұзаққа созылып, сигналдардың шағылысу себебінен қателік өзгерістері циклмен алынады, соңында орташаланып – көпжолдылық әсері төмендейді;

4) беттіктің шағылу (кез келген зат) әсері аз болғанда, жерсеріктік жағдайына сай келетін бақылау нәтижелерін өңдеу кезінде тек үш өлшенген нәтижелермен шектелуге болады.

Аталған шаралардың жиынтығы әсерді, сол қателік көзі жоғары дәлдіктегі жер серіктіктерінің өлшеулерінің орындалуына кедергі жасамайтындай деңгейге дейін азайтуға мүмкіндік береді.

4.2. Жерсеріктік өлшеудің кездейсоқ қателік көздері

4.2.1. Құрал-жабдық қателік көздері

Құрал-жабдық қателік көздері, жер серігінде орналасқан аппаратура және тұтынушы аппаратурасының құрамына кіретін жұмыс тораптарының жетілмегендігімен байланысты. Құрал-жабдықтық қателіктің негізгі көздері – жер серігі мен қабылдағыштағы сағаттың жүру қателігіне, сигнал беруші және қабылдаушы антенналардың жұмыс істеу ерекшеліктеріне байланысты. Ол сигнал бергіш пен қабылдағыш аппаратурасындағы уақытша кідіріске, радиосигналдардың жер серігінен қабылдағышқа дейін жүріп өтуіне сай, уақыт (немесе фазалық ығысу) анықталатын есептеу құрылғысы жұмысының жетілдірілмегендігіне байланысты.

4.2.2. Жер серігі мен қабылдағыштағы сағат жүрісінің тұрақсыздығынан туған қателік

Сағат жүрісінің тұрақсыздығына байланысты қателіктер жерсеріктік өлшеулерге тән қателіктердің барлық кешенінде анықталады. Жер серігі мен қабылдағыштағы сағаттың тұрақтылығын жоғары тірек генераторлары орындайды. Олар GPS уақыты ретінде белгілі шкалаларды іске асыру кезіндегі уақыт пен жиілік үшін базалық негіз болып қызмет етеді. Жер серігіндегі осындай сағат жүрісінің тұрақтылығына қойылатын жоғары талаптарға байланысты, атомдық генераторлар қолданылады. Ал тұтынушы қабылдағыштарында едәуір арзан кварцтық генераторлар пайдаланылады. Олар өздерінің көрсеткіштері бойынша ұсынылған талаптарға сай емес. Сондықтан, орындалған өлшеу дәлдіктерінің елеулі түрде төмендемеуі үшін, сағат көрсеткіштерінің (жер серігінде орналасқан) мезгіл-мезгіл түзетілуін қарастыратын шаралар қолданылады. Сондай-ақ, жер серігі мен қабылдағыштардағы сағат көрсеткіштерінің дәл еместігінен пайда болған қателіктерді есепке алуға немесе жоюға мүмкіндік беретін арнайы әдістемелік тәсілдер де пайдаланылады.

Жерсеріктік қабылдағыштардың сағат көрсеткіштерінің қателіктерін есепке алу үшін төрт жер серігін бақылауға негізделген жалған қашықтық өлшеуіштің принциптері қолданылады. Жер серігі артық болған кезде қабылдағыш сағатының дәлсіз жүруінен туған түзетуді, (28) теңдеуді бірге шешу негізінде анықтау мүмкіндігі туады. Жер серігі мен қабылдағыш сағаты көрсеткіштерінің ауытқуының есепке алу әдісі, бір станциямен орындалатын бақылау кезінде, яғни қабылдағыш тұрған нүктенің абсолюттік координаталарын анықтау кеңінен тарады.

Жер серігіндегі сағат көрсеткіштерінің өздігінен ауытқуымен қатар, оларға релятивистік әсер үшін де түзету енгізуге тура келеді.

4.2.3. Салыстырмалылық нүктені дәл білмеуден туған қателіктер

Салыстыру нүктесі – арақашықтық есептелетін нүктелер. ЖРНЖ-ге қатысты мұндай нүктелерге – жер серігі мен қабылдағыштағы антенналардың фазалық центрлері жатады. Аталған центрлердің күйін жоғары дәлдікте қандай да бір геометриялық өлшеу негізінде

анықтау мүмкін емес. Сондықтан, бұл параметрлерді арнайы өлшемдер негізінде зауыт жағдайларында анықтауға болады.

Жер серігі мен қабылдағыштағы фазалық центрлерді анықтау дәлдігіне қойылатын талаптар әртүрлі. Жер серігіндегі центрді анықтау қателігі – метрлік дәлдік деңгейінде анықталуы эфемеридтерді дәл білмеуден туындайды.

Қазіргі заманғы жерсеріктік қабылдағыштарда антенналық құрылғының айналу осіне қатысты, симметриялық конструкциялы микро жолақты антенналар ерекше тарағандықтан, фазалық центрдің горизонталь жазықтықтағы орнын аталған айналу осімен бірлестіреді. Фазалық центрді вертикаль остің бағытында тіркеу мәнін көп жағдайда қабылдау аппаратурасын шығаратын фирма анықтап, қабылдағыш паспортына жазады. Сонымен қатар жасаушы фирма осы аталмыш мәнді бір типтегі барлық қабылдағышқа бірдей етуге тырысады. Геодезиялық жерсеріктік қабылдағыштарды жасаушы фирмалар бұл кезде фазалық центрді табу дәлдігі мен мм бірлігі деңгейіндегі күйінің тұрақтылығына кепілдік береді.

4.2.4. Қабылдағыштың аппаратуралық уақытша кідірісімен ішкі шу тұрақсыздығының әсерінен туған қателіктер

Мұндай түрдегі әсерге көп арналы GPS – қабылдағыштары ұшыраған. Онда сигналдың әртүрлі жерсеріктерден өтуіне жеке арна ұсынылады. Аталған арналардағы уақытша кідіріс едәуір өзгешеленуі мүмкін. Ол өлшеу нәтижелерінде қосымша қателіктердің болуына алып келеді.

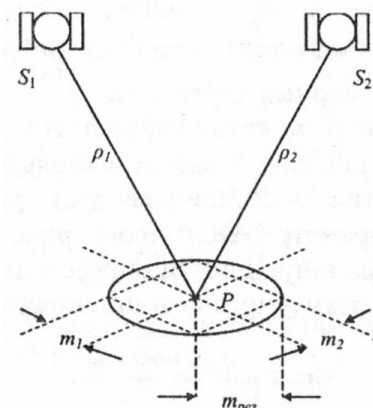
Аталған әсермен күресу үшін даярлаушы фирмалар, тұтынушының қабылдау аппаратурасы жолындағы кідірісті болдырмай, түзетулер бойынша шаралар қабылдайды. Осы мақсатта қабылдағыштың кейбір типтеріне арнайы бақылаушы арна енгізіледі. Ол әртүрлі жұмыс арналарында пайда болатын кідірістің айырмашылықтарын тез бағалауға мүмкіндік береді. Қабылдаған шаралардың барлық кешені осы түрдегі қателік көзінен туған қалдық әсерді, бірнеше мм-мен есептелетін шамаға дейін жоюға мүмкіндік береді. Дифференциалды өлшеу әдістерін пайдаланған кезде осы сияқты әсерді іс жүзінде толығымен жоюға болады. Сигнал қабылдағыштың электр тізбектері бойынша өткенде, оларға қабылдағыштың ішкі шуының әсер етуі де бақыланады. Ішкі шу деңгейі – қолданылатын өлшеу әдістерін шешу қабілетін анықтайды. Негізінен, GPS - өлшеуге тиісті

осы фактордың әсерінен, потенциалды дәлділік қолданылатын толқын ұзындығының шамамен 1%-ына тең мәнімен шектеледі. Осы түрдегі әсерді баяулатудың ең тиімді шарасы – жаңа, шуы аз элементтік негізді пайдалану. Қазіргі кезде шығарылатын жаңа буын қабылдағыштарында шуы аз элементтік негіз қолданылатындықтан, қабылдағыштарда рұқсат етілетін қабілетін шамалы ретпен жоғарылатуға болады.

4.2.5. Геометриялық фактор

Нүктелердің орнын қиылысудың кеңістіктік сызығын қолдану негізінде анықтау ерекшеліктерінің бірі – координаталық анықтамалардың нәтижелі дәлдігі. Ол тек қана орындалатын қашықтықтан өлшеуіштің өлшеу дәлдігіне ғана емес, сонымен қатар бақыланатын жер серіктерінің орналасу геометриясының тәуелділігіне де байланысты. Жер серіктерінің өзгерістеріне қатысатын орналасу геометриясының дәлдігін төмендету механизмін көрнекі көрсету үшін, 17, 18 - суреттерді қараймыз. Ал қызықтырушы P пунктiнiң орнын, бiр-бiрiнен әр түрлi қашықтықтағы жер серіктері арқылы екі өлшемде анықтау мысалын қарастырамыз.

Егер S_1 және S_2 жер серіктеріне дейін өлшенетін ρ_1 мен ρ_2 арақашықтықтар m_1 және m_2 қателіктерімен өлшенетін болса, онда сызықты қиылыстыру әдісін пайдаланған кездегі P анықталатын пунктiнiң орны 17-суретте көрсетiлген, қателіктер эллипсі деп аталатын аудан шегінде орналасады.



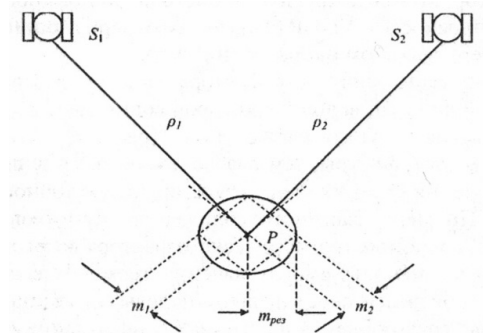
17 - сурет. Қателік эллипсінің геометриялық интерпретациясы

Бақыланатын жер серіктері өзара перпендикуляр бағытталған жағдайда, аталған эллипс шеңберге деформацияланады (18-сурет). Бұл жағдайда, жер серіктерінің орналасу геометриясының жүргізілетін анықтаулар дәлдігіне әсері азайтылады. Егер бағыттар арасындағы бұрыш 0^0 -ге немесе 180^0 -қа жақындаса, онда бұл эллипс – созылыққы болады. Сөйтіп, анықталатын пункт координаталарын анықтау қателігі артады.

Жерсеріктік жүйелерге тән үш

өлшемді өлшеулерге сәйкес, қателік эллипсі екі ості эллипсоидқа өтеді (ауысады).

Өлшем қателіктерінің өсуін бағалайтын параметр жер серігі орнының геометриясына байланысты *геометриялық фактор* деп аталды. Оны DOP (Delution of Precision – дәлдікті төмендету) аббревиатурасымен белгілеу қабылданған.



18 - сурет. Қателік эллипсінің жер серіктерінің өзара (орналасуына байланысты) деформациясы

Бұл параметр – нәтиже-желеуші позициялау дәлдігі мен жер серігіне дейінгі арақашықтыққа өлшеу дәлдігі арасындағы байланыстырушы буын ретінде қолданылады:

$$m_{рез} = DOP m_0 \quad (51)$$

мұндағы $m_{н\bar{e}т}$ – пункт орнын анықтаудың орташа квадраттық қателігі; m_0 – ұзақ өлшемді өлшеудің орташа квадраттық қателігі.

Берілген есепті шешу кезінде анықтайтын параметрлерге байланысты әртүрлі модифицирленген DOP түсінігі қолданылады. Үш өлшемді позициялау мен уақыт дәлдігін сипаттайтын GDOP параметрі (дәлдікті уақытты анықтау қателігін есепке алғандағы азайтудың геометриялық факторы) әмбебап көрсеткіш болып табылады.

$$GDOP = \frac{\sqrt{m_N^2 + m_E^2 + m_h^2 + m_t^2 c^2}}{m_0}, \quad (52)$$

мұндағы m_N , m_E және m_h – солтүстікке, шығысқа және биіктігі бойынша бағытталу координаталарын анықтаудың орташа квадраттық қателіктері; m_t - уақытты анықтаудың орташа квадраттық қателігі; c - электромагниттік толқын жылдамдығы.

GDOP – пен қатар PDOP (үш өлшемді позициялау дәлдігін, уақытты анықтау қателігін ескермей төмендетуді ескеретін фактор), HDOP (горизонталь жазықтықта екі өлшемді позициялау үшін ұқсас фактор), VDOP (дәлдіктің вертикаль бағытта төмендеуін сипаттайтын фактор) сияқты көрсеткіштер қолданылады.

Геометриялық фактордың мәнін көбінесе, төбесі жер серігінің орналасқан орны мен бақылау пункті біріктіретін көпқырлы пішінінің көлемімен байланыстырады. Бұл кезде пішіннің көлемі неғұрлым үлкен болса, жер серіктерінің орналасу геометриясын позициялаудың нәтижелі дәлдігіне әсері, солғұрлым бәсеңдеу байқалады. Жер серіктері өзара жақындаған сайын, бұл көлем азайып, геометриялық фактордың әсері өседі.

GDOP мәні көбінесе, GPS-өлшеудің жоғары дәлдігін жер серіктерінің орналасу геометриясына байланысты алу мүмкіндігінің критерийі ретінде қолданылады. Мысалы, Leica (Швецария) фирмасы GDOP мәні 8-ден көп болған кезде, жоғары дәлдіктегі жерсеріктік геодезиялық өлшеулер жүргізуді ұсынбайды. Геометриялық фактордың GPS позициялау дәлдігіне әсерін бәсеңдетудің ең тиімді әдісі – едәуір қолайлы бақылау кезеңдерін тандап алу. Ол GPS – өлшеу кестесін жерсеріктік бақылауды жоспарлау кезеңінде құрғанда жүргізіледі.

4.2.6. GPS - өлшеу дәлдігін жасанды төмендетудің себептері мен әдістері

ЖРНЖ-нің қолданылуы бастапқыда әскери тұтынушылардың сұраныстарын қанағаттандыруға бағытталған болатын. Бұл кезде басқа бекітілмеген (азаматтық) тұтынушылардың барлық потенциалды жүйе мүмкіндіктерін пайдалануға шектеу болатыны жорамалданды. Осыны ескере отырып, қызмет көрсетудің әртүрлі екі: бекітілген тұтынушылар үшін дәл позициялау (PPS) қызметі және GPS жүйесіне ресми рұқсаты жоқ тұтынушыларға қызмет көрсетуге бағытталған стандарттық позициялау (SPS) қызметі құрылды. Навигациялық режимдегі қабылдау аппаратурасы (яғни, дара жұмыс істейтін қабылдағышты пайдалану режимінде) жұмыс істеген кезде әртүрлі деңгей дәлдігін іске асыру мүмкіндігіне байланысты бөлінген еді. Екі деңгейдегі дәлдікті жүзеге асыру екі шектеу тәсілдерін енгізу есебінен жүргізіледі.

Олардың біріншісі – *талдау рұқсаты (SA)*, ал екіншісі *P – кодты қосымша шифрлау*, ол «*антимистификация*» деп аталады (SA).

Талдау –(SA) жерсеріктік өлшеу нәтижелеріне әсердің екі түрінен:

- жалған кездейсоқ сигналды жер серігінің сағат

көрсеткіштеріне қосу немесе олардың заңға сәйкес бекітілген тұтынушылар үшін белгілі жүйелі тұрақсыздануыдан;

- жер серігінен берілетін эфемеридтер мәнін дәрежілеуден тұрады.

«Жасанды шулатудың» келтірілген шаралары жалған қашықтықтың лездік мәнін анықтау дәлдігіне едәуір әсер етеді. SA-ға әсер ету есебінен, жалған қашықтықты C/A – кодты пайдалану негізінде анықтау қателігі 40- тан 100 м – ге өседі. Дифференциалды өлшеу әдістеріне келетін болсақ, онда SA-ның алынған нәтижелердің дәлдігіне әсері – бәсеңдеу болып шығады. Бұл жерсеріктік сағат көрсеткіштеріне енгізілген бұрмалаулар, іс жүзінде өңдеу кезінде, екінші айырымды қолдану есебінен толық жойылады.

P – кодын қосымша шифрлауға негізделген екінші тәсіл – жалған қашықтық өлшеуіш өлшемін P – кодты қолдана отырып орындамауға алып келеді. Ол радиосигналдардың L_2 жиілікте сәйкес жер серіктерінен ұстап алынуына байланысты едәуір қиыншылықтар тудырады. Осының нәтижесінде фазалық өлшеулерге тән шексіз мәндердің бірдей болмауын шешу кезінде, ионосфера әсерін ескерсек, онда қосымша қиыншылықтар пайда болады.

GPS-ті (тіркелмеген) бекітілмеген тұтынушылардың пайдалануын шектеу шаралары GPS – аппаратурасын навигациялау мақсатында, сондай-ақ жеткілікті әрі дәл кинематикалық әдістерді игеру кезінде қолданатын тұтынушылардың қызығушылығын туғызады. Геодезиялық есептерді шешу кезінде қолданылатын статистикалық әдістерге келетін болсақ, онда GPS - өлшеу дәлдігін жасанды түрде төмендетудің жоғарыда қарастырылған әдістері дәлдіктегі қателерді аз шығындармен жетілікті түрде, тиімді жояды.

Бақылау сұрақтары:

1. Бірінші айырымдар қалай пайда болады?
2. Бірінші айырым әдісін қолданған кезде қандай қателіктер жойылады?
3. Бірінші айырым әдісінде қандай кемшіліктер бар?
4. Екінші айырым қалай пайда болады?
5. Екінші айырым әдісін қолданған кезде қандай қателіктер пайдаланыла-ды?
6. Екінші айырымның қандай кемшіліктері бар?
7. Үшінші айырым қалай пайда болады?
8. Үшінші айырым әдісімен өлшеу дәлдігі қалай азаяды?

9. Өлшеу мәндерінің бірдей болмау шегін шешу күрделілігі қандай факторларға байланысты?

10. ЖНЖС эфемеридтері қателіктерінің пайда болуы неге байланысты?

11. Жер серігі эфемеридтеріне қателік әсерлерін қалай жоюға болады?

12. Уақыттық (уақытша) қателіктер ионосферада неге пайда болады?

13. Ионосфералық қателіктер қалай жойылады?

14. Қандай құрал-жабдықтық қателік ЖРНЖ-де анықтаушы болып табылады?

15. Сағаттың жүру қателігінің әсерін қалай жоюға болады?

16. Салыстыру нүктесі дегеніміз не?

17. Аппаратуралық уақытша кідіріс қалай ескеріледі?

18. Аппаратураның ішкі шуының әсері қалай азайтылады?

19. ЖНЖС-нің өзара қандай жағдайында геометриялық фактордың әсері аз?

20. Геометриялық фактордың әсері қалай бәсеңдейді?

21. Жерсеріктік өлшеу дәлдігі қандай жасанды әдістермен төмендейді?

5-БӨЛІМ. ЖЕРСЕРІКТІК ӨЛШЕУЛЕРДІ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ҰЙЫМДАСТЫРУ

Жерсеріктік геодезиялық қабылдағыштарды әртүрлі геодезиялық есептерді шешу мақсатындағы оны практикалық қолдану кезінде: пункттер арасында өзара көріну болмағанда координаталарын анықтау дәлдігі мен сенімділігі; сыртқы жағдайлардың әсері (сыртқы белгілер, өсімдіктер, ғимараттар); алынған координаталарды әртүрлі координаталық жүйелерге редуцирлеу; өнімділігі мен экономикалық тиімділігі мәселелеріне ерекше көңіл бөлінеді. Қазіргі заманғы жерсеріктік технологияның тиімділігіне, координаталар каталогы мен деректер қорын жоспарлауға, алғанға дейінгі жерсеріктік өлшеудің барлық кешенін тиімді ұйымдастыруға байланысты [1-6].

Жерсеріктік өлшеулерді ұйымдастыру әдістері – оларды жүргізуді жобалау, ұйымдастыру, дала жұмыстарын жүргізу кезеңдеріндегі дәстүрлі геодезиялық өлшеуден едәуір ерекшеленеді.

Жобалау процесінде геодезиялық желіні берілген аймақтарда жерсеріктік технологияны қолдану негізінде тұрғызу принциптерін дәлелдеу жүргізіледі. Бұл кезде стандартты емес талаптар жер серіктерінің қолайлы бақылау жағдайларын қамтамасыз етуі тиіс пункттердің орналасу орнын таңдап алуға қойылады. Пункттер арасындағы өзара көрінушіліктің болуы қажет емес.

Жерсеріктік өлшеулер пландық, биік координаталарды алуға мүмкіндік беретінін ескере отырып, ерекше талаптар геодезиялық пункттердің құрылымына қойылады. Олар қажетті тұрақтылықты барлық үш координаталық бағыттар бойынша, олардың бекітілуі мен жердегі сырттай суреттелуін қамтамасыз етуі тиіс.

Жерсеріктік бақылауды пункттерде ұйымдастырып жүргізген кезде негізгі талаптардың бірі – бақылаудың бір сеансына қатысатын барлық қабылдағыштардың бір мезгілде жұмыс істеуін қамтамасыз ету. Маңызды факторларға бақылау пунктіне кіруге болатыны, аппаратураның пунктте орналасу қолайлылығы, антенналық блокты центрлеудің қажетті, дәлдігі мен оны бекіту сенімділігін қамтамасыз ету, сонымен қатар, электрмен қоректенудің үздіксіздігін қамтамасыз ету, өрістік журналды енгізу жатады.

Бақылау жүргізу процесінде жерсеріктік геодезиялық қабылдағыш өлшенетін шамалар мен басқа да көмекші ақпараттардың тіркелуін жүзеге асырып қана қоймай, бірқатар есептеулер кешенін жүргізеді.

Мұндай есептеулер автоматтық режимде алдын ала қабылдағышқа енгізілген программа бойынша орындалады. Соның салдарынан, оператор – есептеу жүрісіне активті әрекет ете алмайды.

5.1. Жерсеріктік өлшеуді жобалау мен ұйымдастыру ерекшелігі

Жерсеріктік әдістермен құрылатын геодезиялық тораптап жобалаудың алғашқы сәті бақылаудың жалпы стратегиясын жасау болып табылады. Стратегияның негізгі жағдайлары, техникалық жобаны жасау алдындағы сәйкес концепцияларда айтылады. Мұндай жағдайларға:

- жерсеріктік өлшеулерге негізделетін тораптарды құрудың жалпы принциптері;
- жерсеріктік бақылау мен әрі қарай есептеу әдістерін таңдауды негіздеу;
- техникалық құралдардың барлық кешені мен бақылау жағдайларын таңдап алуға байланысты алғышарттарды құру ;
- таңдап алынған жерсеріктік технологияның техникалық-экономикалық негіздемесі кіреді.

Жерсеріктік өлшеулер негізінде құрылған геодезиялық тораптарды қамтитын аумақты өлшеу бойынша жіктеу қабылданған. Осыған байланысты – ғаламдық, континенттік, аймақтық және жергілікті тораптар болып бөлінеді. Оған ғаламдық және континенттік тораптар жататын ең ірі торап *IGS* (Халықаралық геодинамикалық торап, бүкіл жер шарын қамтиды) және *EUREE* (Еуропалық референттік каркас) мысал бола алады.

Осылардың ішіндегі ең көп тарағаны – оларды құрудың аймақтық әдістері жасалған аймақтық тораптар. Осыны ескере отырып, аймақтық және жергілікті тораптар үшін техникалық жобаларды жасау кезінде қолданылатын негізгі тәсілдерді талдау, қызығушылық туғызады.

Ең алдымен, геодезияда кеңінен қолданылатын жерсеріктік координаталық анықтау, дифференциалдық әдістерді қолдануға негізделетінін айта кеткен жөн. Мұндай әдістер координаталардың абсолюттік мәндерін емес, тек бізге қажетті пункттер арасындағы олардың айырымын ғана анықтауға мүмкіндік береді. Соны-

мен бірге, құрылатын тораптардың соңғы нәтижелері тек қана өсімшелер емес, негізінен барлық пункттердің координаталарының толық мәндері болуы тиіс. Осыдан шығатыны, желі құрамында үш координаталарының алдын ала белгілі толық мәндері бар, ең болмағанда, бір тірек пунктінің болу қажеттілігін талап етеді. Мұндай пунктті – *референцтік* деп атау қабылданған. Ең тиімді нұсқа – торап құрамында үш референцтік пункттердің болуы.

Нүкте орнын анықтауда қазіргі заманғы ЖРНЖ-ні қолданған кезде, референцтік пункттің координаталарын геоцентрлі декарттық координаталар жүйесінде (X, Y, Z) қолданады. Осы координаттардың дәлдігі барлық құрылатын тораптың жалпы координаталық жүйесіне қатысты.

Жерсеріктік өлшеу негізінде есептелетін базистік аралықтың салыстырмалы қателігі жер серігіне дейінгі арақашықтықты жорамал қатынаспен анықтау қателігіне байланысты:

$$\frac{\delta \rho}{\rho} \approx \frac{\delta D}{D}, \quad (53)$$

мұндағы ρ және $\delta \rho$ – қабылдағыштан жер серігіне дейінгі арақашықтық пен оны анықтау қателігі; D және δD – жер бетіндегі екі бақылау пункттері арасындағы базистік аралық ұзындығы мен оның қателігі.

Жер серігіне дейінгі арақашықтықты жалпыға мүмкін код негізінде анықтау қателігі 100 м-ге жетеді, $\delta \rho / \rho = 2 \cdot 10^{-6}$ қатынасына сәйкес келеді.

Екі немесе одан да көп референцтік пункттер болған кезде, мұндай қателік көп жағдайда, құрылатын тораптың масштабына да тиісті болады. Осыны ескере отырып, референцтік пункт координаталарының абсолюттік мәндерін референцтік пунктте орнатылған қабылдағыштың навигациялық жұмыс істеу режимі негізінде емес, ғаламдық немесе континенттік тірек торабына (*IGS, EUREF*) кіретін пункттерге дейін деференциалдық біріккен өлшеулер негізінде алады. Бұл кезде референцтік пункт координаталарының абсолюттік мәндерінің дәлдігі дециметрлік деңгейде қамтамасыз етілуі мүмкін.

Жерсеріктік геодезиялық қабылдағыштардың:

- статикалық режим (Static);
- үдетілген статикалық режим (Rapid Static);

- қайта оралып өлшеу режимі (Reoccupation);
- «тұрмын- келемін » өлшеу режимі (Stop & go);
- кинематикалық өлшеу режимі (Kinematics);
- ұшудағы кинематикалық өлшеу режимі (Kinematic);
- навигациялық режим сияқты жұмыс түрлері бар;

5.1.1. Статикалық режим (Static)

Статикалық режим (Static) деп – дифференциялық жерсеріктік қадағалауды ең болмағанда, екі қозғалмайтын қабылдағыштар арасында орындауды айтады. Программалық қамтамасыздануды пайдалана отырып, жалған қашықтық өлшеуді де, тасымалдаушы тербелістің фазалық өлшеулер нәтижелерін де өңдеуге болады. Статикалық режим төрт және одан да көп жерсеріктерін бақылау кезінде, үлкен қашықтық өлшеудің тиімді түрі болып есептеледі. Бұл режимді іске асыру үшін бір бақылау сағаты қажет.

Бақылаудың белгілі бір жағдайларында статикалық режим көрсеткіштері едәуір жақсартылуы мүмкін. Қысқа аралықтарды бақылау кезінде ең болмағанда, геометриялық факторлары жақсы 4 не 5 жерсеріктерімен бірнеше минут бойы бақылағанда, см-лік дәлділік деңгейінде нәтижелер алуға болады.

Өлшеу жылдамдығы мен өнімділікті арттыру, жоғарылату– SKI программалық қамтамасызданудағы өңдеу алгоритмдерін қолдануға тәуелді. Бұл мүмкіндіктер үдетілген статикалық режимді қолданған кезде іске асырылады (*Rapid Static*).

5.1.2. Қайта оралып өлшеу

Қайта оралып өлшеу (Reoccupation) де – статикалық болып табылады. Бірақ оны іске асырған кезде пункттегі өлшеулердің бір сеанстан көп орындалуын талап етеді. Қайта оралып өлшеу режимі жер серіктерінің аз мөлшері бақыланатын жағдайларда, ұтымды жұмыс істеу режимі болып саналады. Оператор тұру нүктесінде 5–10 мин. Мысалы, 3 жер серігін бақылап, ал одан кейін сол нүктеге қайта оралып, басқа күні, басқа уақытта 3 жер серігін бақылай алады. Барлық деректер біріктіріліп, осы нүктеде 6 жер серігінен алынған деректер ретінде өңделеді. «Реокупация» режимі – бірінші бақылау се-

ансы кезінде, пунктте жиналған деректері бар шексіз мәндердің бірдей болмауын шешу мүмкін болмаған жағдайда пайдалы. Оператор пункттегі өлшеулерді қайталап, содан кейін барлық деректерді біріктіруі тиіс.

5.1.3. «Тұрмын–жүремін»

«Тұрмын–жүремін» және кинематикалық бақылау режимі – нүктелердің көп мөлшерін тез бақылауға мүмкіндік береді. Бірақ, қабылдағыш – жер серіктерімен нүктелер арасында орын ауыстыру кезеңінің барлық уақытында байланыста болуын талап етеді. Мәндердің бірдей болмауын шешу үшін, бірінші нүктеде жеткілікті мөлшерде өлшеу нәтижелері жиналғанша тұру қажет. Қабылдағыш жұмыс бабына қосылған соң нүктелер арасында жер серіктерімен байланыс үзілгенге дейін жұмыс істеуге болады. Егер жер серіктерінің қармалуы бұзылса, онда деректер жеткілікті мөлшерде жиналмайынша оператор қайтадан мәндердің бірдей болмауын шешу үшін стационарлы режимде қалады.

«Тұрмын–жүремін» өлшеу режимі бақылау нүктелері жақын орналасатын және радиосигналдардың өтуіне кедергісі жоқ, кішкене аудан үшін қолайлы.

5.1.4. Кинематикалық өлшеу режим

Кинематикалық өлшеу режимі – қозғалатын қабылдағыш траекториясын басқа, қозғалмайтын секторға қатысты анықтау кезінде қолданылады. Нүктелердің орналасқан орны алдын ала орнатылған уақыт аралықтарымен есептеледі. Кинематикалық режим – қозғалатын көлік құралдарын (мысалы, жолдарды кескіндеу кезінде), қозғалатын кемелердің траекторияларын бақылау және де ұшып бара жатқан ұшақтарды позициялау кезінде өте тиімді.

Геодезиялық жерсеріктік қабылдағыштары навигациялық позициялау кезінде қолданылады. Әдетте, анықталатын заттың (нүкте) орны WGS-84 координаттық жүйесінде шамамен, 40 м дәлдікпен анықталады. Егер каналдар байланысы бойынша RTSM көмегімен берілетін түзетулер енгізілетін болса, онда дәлдік 2-5 м-ге дейін жақсарады.

Геодезиялық тораптарды жерсеріктік қабылдағыштарды қолданып құру және қайта құру кезінде мынандай өлшеу әдістері ұсынылады:

- сәулелік әдіс – тораптың анықталатын пункттері тірек пункттерінің біреуінен координаталанады;
- торап әдісі – өлшеу тораптың әрбір сызығында не пунктінде жүргізіледі;

Торапты құрудағы сәулелік әдісте анықталатын координаталар дәлдігін бағалау критерийлерінің айтарлықтай кемшіліктері бар.

Сәулелік әдістегі нақты бақылаушы – анықталатын пункттердегі өлшеуді тәуелсіз бақылау. Мысалы, басқа өлшеу құралдарымен анықталатын пункттер арасындағы басқа бастапқы пункттерден, т.б.

Жобаланатын тораптың дәлділік және сенімділік критерийлері тораптық өлшеулерді ұйымдастырған жағдайда артады. Ол өлшеуді әрбір сызықты немесе тораптың әрбір пунктінде орындағанда тиімді. Жобаланатын торап дәлділігі мен сенімділік критерийлері тораптың немесе қайталап өлшеулерді ұйымдастырған жағдайда, торапта бір емес, бірнеше референттік пункттерді қолданған кезде едәуір тиімді. Алайда, мұндай референттік пункттер арасындағы координаталар айырмашылығы, өзінің дәлділігі бойынша референстік пункттермен анықталатын негізгі торап құрамына кіретін жай пункттер арасындағы анықталатын тораптарға қарағанда жоғары келеді. Мұндай талаптардың өзіндік қойылымы заңды болғанымен, оны практикада іске асыру өте күрделі.

Бұл қиыншылықтар, екі рангілі торапты құрумен шешіледі. Бірінші сатысында тек бір ғана алғашқы референттік пункт таңдап алынады. Оның айналасында күшейтілген бақылау программасы бойынша бірнеше өзара байланысқан екінші реттік референттік пункттер құрылады (ол қаңқалы торап деп аталады). Осындай торапты құруда екінші және кейінгі сатыларында қалған барлық пункттер анықталады. Сонымен қатар, бақылаудың әрбір сеансында жерсеріктік қабылдағыштар, тораптың бірнеше қатарлы пункттерінде (қабылдағыштар бақылауындағы санына тәуелді), кем дегенде екі өзара байланысқан референстік пункттерде орнатылады.

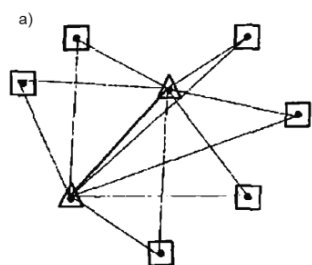
Геодезиялық тораптардың әр әдіске ұсынылған сұлбасы 19-а,ә,б,в-суретте көрсетілген. Айталық, геодезиялық тораптарды құрудағы максималь дәлдікке тек тораптық әдісі кезінде ғана жетуге болады. Құратын тораптың қажетті дәлділігіне байланысты:

- *статикалық режим (Static);*

- *үдетілген статикалық режим (Rapid Static);*
- *қайтып оралып өлшеу режимі (Reoccupation) сияқты* өлшеу режимдерінің бірі қолданылады [1].

«Тұрмын–жүремін» (*Stop&go*) және кинематика өлшеу режимдерін геодезиялық тораптарда өлшеудің қажеті жоқ, тек топографиялық түсірістерде пайдалануға болады.

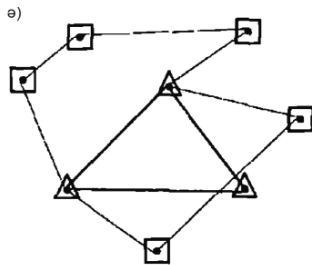
Торапты құрудың геометриялық параметрлері мен өлшеулерді орындаудың ұсынылған әдістерінен бөлек, жерсеріктік геодезиялық тораптарды құрудың технологиялық ерекшеліктері де бар. Жерсеріктік геодезиялық қабылдағыштар бір мезгілде паспорттық дәлділігі 5–10 мм + 1–5 мм·D, қашықтық өлшеуіш және дәлдігін даярлау фирмалары ұсынбайтын координаталарды анықтау жүйелері болатындықтан, өлшеу технологиясына байланысты тораптың әртүрлі дәлділігі алынуы мүмкін.



△ негізгі (референцтік) пункттер

□ анықталатын тораптар пункті

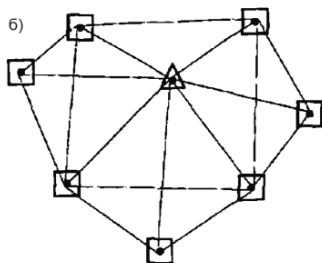
Контролермен сәулелік өлшеу әдісі (1)



△ негізгі (референцтік) пункттер

□ анықталатын тораптар пункті

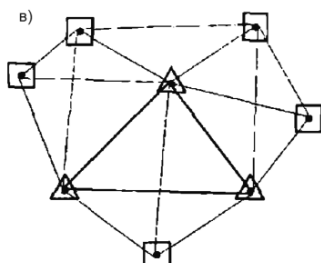
Контролермен сәулелік өлшеу әдісі (2)



△ негізгі (референцтік) пункттер

□ анықталатын тораптар пункті

Тораптық өлшеу әдісі (бір рангалі желі)



△ негізгі (референцтік) пункттер

□ анықталатын тораптар пункті

Тораптық өлшеу әдісі (көп рангалі желі)

19-сурет. Әр өлшеу әдісіне арналған геодезиялық тораптар сұлбасы

Практикада екі негізгі технология қолданылады:

- пункттердегі қайталап өлшеулер, бұл кезде тораптың әрбір пунктінде міндетті қайта өлшеу саны беріледі;
 - тораптың әрбір сызығын міндетті түрде өлшеу;
- Бірінші технология үшін:

$$N = \frac{M \cdot S}{R}, \quad (54)$$

ал екінші технология үшін:

$$N = \frac{S - O}{R - O}. \quad (55)$$

формуласымен анықталады.

Мұндағы S – пункттер саны, M - бақылау сеансының минимальды саны, N – қабылдағыштар саны.

Бірінші технология торап құрудың едәуір дәл, тораптық әдісін толық көлемде іске асыруға мүмкіндік бермейді. Сондықтан екінші технологияны толық қарастырамыз.

Жерсеріктік технологияға негізделген тораптарды жобалау, құру бойынша жалпы ұсыныстар:

- жуық мәндерді анықтау мақсатында әрбір анықталатын пунктте жер серіктерін бақылаудың әртүрлі жағдайларында екі рет жүргізген жөн;
- бір мезгілде бақылауды көршілес пункттерде қарастыру қажет. Өйткені, мәндердің бірдей болмауын қысқа арақашықтықта шешу едәуір сенімді жүргізіледі;
- орташа мөлшердегі аймақтық және жергілікті тораптар үшін 4-тен 10-ға дейінгі қабылдағыштарды пайдаланған жөн. Ол ұйымдастыруды, сондай-ақ жұмысты орындау жылдамдығы мен өлшеу тиімділігін үйлестіруге мүмкіндік береді;
- алынған дәлдікті тексеру үшін бірнеше базистік аралықтарды екі рет өлшеу қажет.

Сонымен қатар жер серіктерін пункттердің әрқайсысында бақылаудың қолайлы жағдайын қамтамасыз ету талаптарын орындау керек.

Торапты жобалау процестері үшін практикалық ұсыныстармен бірге, техникалық жобаларды өңдеу негізінде жалпы сипаттағы мынадай ережелер жасалды:

- әрбір станцияда жоғары дәлдікті қамтамасыз етуге жеткілікті ұзақ бақылау кезеңі қарастырылуы тиіс. Оның нақты ұзақтығы, пункттер мен өлшеу дәлдігі талаптарының өзара алшақтығына тәуелді;
- үнемділікті жоғарылату мақсатында, қайталау сеанстарының саны мен пункттер арасындағы орын ауысу уақытын азайтқан жөн;
- сенімділікті жоғарылату үшін әрбір пункт әртүрлі өзара байланысқан референттік пункттерге қосымшаларды пайдаланып, екі толық тәуелсіз өлшеулер негізінде анықталуы тиіс.

Сонымен қатар, қайталап өлшеуді қабылдағыш антеннасын қайта орнатқанда және жер серіктерінің орны өзгерген жағдайда жүргізген дұрыс.

5.2. GPS - қабылдағыштарымен өлшеудің өндірістік технологиясы

5.2.1. Аппаратураларды далалық жерсеріктік өлшеуге даярлау

Жерсеріктік қабылдау аппаратурасын далалық өлшеулерге дайындау кезінде оның жұмыс істеу қабілеттілігі тексеріледі. Инициализациялау процедурасы, яғни жұмыстың бастапқы шарттарының тапсырмалары жүргізіледі.

Көптеген геодезиялық GPS-қабылдағыштарда өзіндік диагностикалық режимі қарастырылады. Оны жүргізу процесінде қабылдағышқа енгізілген программа бойынша жеке тораптардың жұмыс режимдерін бақылау жүзеге асырылады. Қажетсіз ауытқулар байқалған жағдайда, дисплей экранына жөнделмеуі және оны жою жөніндегі ұсыныстардан құралған сәйкес деректер шығады. Сенімділік үшін қабылдағыштарды калибрлеу ұйымдастырылуы мүмкін. Мұндай калибрлеу әдістерінің бірі – екі қабылдағышты антеннадағы СВЧ – күшейткіштегі қоректену көзі бойынша, сәйкес екі шығысы бар ортақ арнайы дайындалған бір антеннаға қосылады. Бақылау сеансын, көрсетілген сызбанұсқаны пайдаланып жүргізген кезде, барлық компоненттері нөлге тең базистік сызықтардың ұзындығы есептеледі. Ұзындығы нөлге тең аралықты өлшеуге негізделген мұндай процедура жерсеріктік қабылдағыштарды метеорологиялық тексеру кезінде де қолданылады.

Инициализациялау – сихронды түрде жұмыс істейтін барлық

қабылдағыштарда бірдей болуы мүмкін. Ал бір бақылау сеансына қатысу үшін, қарастырылған бастапқы деректерді анықтау қажеттігіне мән береді. Мұндай деректерге, жеке алғанда деректерді жинау жылдамдығын таңдау. Яғни, қабылдағыштың есте сақтау құрылғысына енгізілетін компрессияға ұшыраған өлшеудің жүйелі нәтижелері арасындағы уақыт аралығы жатады. Қазіргі кезде мұндай аралық көбінесе, 15 сек-ке тең етіп алынады.

Әдетте, бақылау жүргізер алдында келісілген параметрге, өлшеу тек радиосигналдардың тропосфералық кідірісінен бөлек, горизонттан 15°C -тан жоғары жер серіктерінде ғана жүргізіледі. Мұндай бұрыш бойынша шектеу, көп жағдайда 15°C - қа тең болып алынады (көрсетілген өлшеу мәнінің кіші бұрыштар негізінде жүргізілмейді). Осыдан бастап, өлшеуді орындайды.

Кей жағдайларда мынадай жұмыс істеу режимі қарастырылады: бақылаушы сеансының басы мен аяғы – қабылдағыш құрамына кіретін таймердің көмегімен беріледі. Бұл мәндер бір мезгілде бақылауға қатысатын барлық қабылдағыштарда бірдей болып орнатылуы керек.

Аппаратураны жұмыс істеуге даярлау процесінде қабылдағыш жадысында альманах жөніндегі деректердің болуы тексеріледі. Егер мұндай деректер болмаса, онда қабылдағышқа альманах жөнінде ақпаратты енгізу үшін, уақытты кем дегенде 12,5 мин байқау сеансы ұйымдастырылады. Немесе бұл уақыт бірінші қадағалау сеансын орындаған кезде қарастырылуы тиіс.

Аппаратураларды өлшеуге даярлау кезеңінде орындалатын басқа көмекші процедуралардан қабылдағыштағы есте сақтау құрылғысының бос жадысының жеткілікті көлемін тексергенде аккумуляторлы батареяның зарядталу күйіне де назар аударған жөн. Бұл компоненттер қабылдағыштың ең болмағанда бір (мүмкін болса бірнеше) бақылау сеанс бойы үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етуі тиіс.

Арақашықтығы алыс желілерде нақты дәлділік өлшемді орындаған кезде тропосфералық кідірістерді өте қатаң есепке алу үшін, кейде қабылдағыштардың тұру нүктесіндегі ауаның температурасын, қысымын және ылғалдылығын анықтау мақсатында, метеорологиялық аспаптарды қолдану қарастырылады. Мұндай аспаптар қолданар алдында тексеріледі және оған сәйкес аттестациялық куәліктері болуы тиіс.

Қозғалатын объектілерде нақты уақыт масштабында жұмыс істеуге

арналған жер серігінің аппаратурасы үшін, дайындық жұмыстарын – қозғалатын және қозғалмайтын станциялар арасындағы барлық то- раптарды тексеру қажеттілігіне байланысты едәуір ұлғайтылады.

Жерсеріктік бақылау сеанстарын жүргізу процесінде аппара- тураларды бақылау пунктіне жеткізуге байланысты мәселелер де қарастырылады. Көптеген қазіргі заманғы геодезиялық жерсеріктік қабылдағыштарды іс жүзінде кез келген көлікпен тасымалдауға бола- ды. Көлікке қойылатын негізгі талаптар – аппаратуралық комплекстің бақылау пунктіне жеткізілуін қамтамасыз ету. Егер тасымалдау үшін автомашина қолданылса, онда кейде жерсеріктік қабылдағыштарды автокөлік аккумуляторларынан қоректендіру мүмкіндігі де қарастырылады. Бұл кезде автошина тұрағы радиосигналдардың жер серігінен қабылдауына бөгет жасамайтындай және көпжолдылық ту- дыруы мүмкін шағылыстырушы беттің біреуі болмайтындай жолы ескеріледі.

Жерсеріктік аппаратураны бақылау пунктіне орналастыру мен оны оларға даярлау кезінде:

- антенна блогын (немесе сенсорды) сәйкес жабдықтарға (шта- тивке, трегере немесе ауыспалы мачтаға) орнату, оны геодезиялық маркамен дәл центрлеу;
- жеке блоктарды бір-бірімен сәйкес кабельдердің көмегімен қосу және аппаратураны аккумуляторлық батареяға (қосу) бекіту;
- қабылдағыштың жұмыс қабілеттілігін тексеру;
- осы станцияға қатысты ақпараттарды далалық бақылау жур- налына жазу;
- антеннаны геодезиялық марканың үстінен орнату биіктігін өлшеу және осы ақпараттарды клавиатура арқылы қабылдағыш жа- дына, дала журналына енгізу;
- қосымша параметрлерді (қажет жағдайда) өлшеу (антенаны центрден тыс орнату элементтері, метеорологиялық деректер) ша- ралары орындалады.

Даярлау жұмыстарын аяқтағаннан кейін оператор қабылдағыштың жұмыс режимін іске асыруға кіріседі.

5.2.2. Жұмыс режиміне кіру және өлшеу жүрісін бақылау

Жұмыс режиміне кіру дегеніміз – аппаратураны қосу және ди- сплей экранында бейнеленген барлық жазылған жұмыс режимдерін, қабылдағышты өлшеуге даярлауға қажет бастапқы деректерді

енгізуді тексеру. Осы кезеңде оператор, қосылған аккумуляторлық батареялардың зарядталу дәрежесі мен қабылдағыштағы есте сақтау құрылғыларындағы бос жад мөлшерін бақылайды. Сонымен қатар, ол клавиатура арқылы жоғарыда аталған бастапқы деректерді (антеннаны орнату биіктігі, пункттің шартты атауы, т.б. ақпарат) енгізуді жүзеге асырады.

Дисплей экранында бейнеленген ақпараттар қабылдағыштың жеке жер серіктерінен радиосигналдардың ұсталуын, олардың мөлшерін, «сигнал/шу» қатынасы түрінде қабылданған сигналдардың орны мен сапасын бақылауға мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы геодезиялық жерсеріктік қабылдағыштарды өлшеудің толық автоматтаттандырылған режимі қолданылатындықтан, оператор – бақылау функцияларын ғана орындайды. Бұл кезде ол жүйелі түрде аккумулятор батареясының заряды мен есте сақтау құрылғысындағы бос жадының болуын бақылайды. Сонымен қатар, қажет жағдайда сыртқы ортаның (қатты найзағай, дауыл, т.б.) аппаратураға әсерінің алдын алу, қорғау шараларын іске асырады.

Бақылау сеансын жүргізу процесінде оператор дисплей экранында қабылдағыштың қандай да бір бұзылуы туралы ескертулерді қадағалауы тиіс (мысалы, аккумулятор батареясының отыруы). Одан бөлек, ол далалық бақылау журналында циклдердің өту жағдайлары мен олардың ұзақтығын, геометриялық факторлардың жол бергісіз факторларын, басқа да радиобөгеттердің болуынан, жұмыстағы үзілістерді, т.б. белгілеуі қажет.

Өлшеу процесінің қосымша бұзылуының пайда болуы, болмауы үшін оператор сеансты жүргізген сәтте антеннаға өте жақын болмауы тиіс. Өйткені ол жер серігінен түскен сигналдардың экрандалуына және шағылуына алып келеді.

Егер жазу құрылғысы толық толтырылған болса, онда бақылаушы автоматты түрде бақылауды тіркеуді тоқтатады. Басқа есте сақтау құрылғысын қосқанда, батареяны алмастырғанда, т.б. жағдайларда технологиялық үзілістерді алдын ала жоспарлаған жөн.

5.2.3. Бақылау сеансын аяқтау

Пункттегі жер серігін бақылауды аяқтау алдын ала құрылған кестеге сәйкес жүзеге асырылады. Байланыс арнасы болған кезде оператор орталық пунктке өзі пунктінде бақылауды аяқтауға дайын екені жөнінде хабар береді.

Соңғы кезеңде геодезиялық марка үстінен антеннаны орнату биіктігін қайта өлшеуді жүргізіп, бұл мәнді клавиатура арқылы қабылдағыш жадысына енгізу ұсынылады. Жұмыс режимінен шығуда клавиатура арқылы жүргізіледі. Осы кезде қабылдағыштың есте сақтау құрылғысында жинақталған ақпараттардың бекітілуін және аппаратураны бастапқы күйін келтіреді. Ал мұнда осы аппаратураға енгізілген программалық қамтамасыздануды қарастыратын жазылған операцияларды жүйелі орындау айтылады. Содан кейін қабылдағыштан электр көзін өшіріп қоюға болады.

5.2.4. Жинақталған ақпараттарды сақтау

Есте сақтау құрылғысының сыйымдылығы толғанда деректер дербес компьютерге көшіріледі. Деректер көшірілісімен, оларды кейінгі өңдеуге, қабылдауға, файлдар ретінде дискіде сақтауға не RINEX форматының ASCII файлдарына түрлендіруге болады.

Ақпаратты сақтау қолайлығы үшін каталог құрамын ұстану ұсынылады. «Объект аты» деген каталогты, қажет болғанда программалық дерек архиваторларын қолданып, мұрағаттауға болады.

Жұмысты аяқтаған соң орындаушылар жерсеріктік торап пункттеріндегі далалық өлшеулер нәтижелері бар файлдарды, дала журналдарын, марка көшірмелерін береді. Сонымен қатар, абристері бар зерттеу карточкаларын, зерттеу сызбанұсқаларды, жойылған пункттер мен реперлердің тізімін, зерттелген реперлердің нақты орындары мен пункттерді алмастыру негіздемесі бар түсіндіру қағазын да береді. Материалдар нормативтік-техникалық құжаттардың талаптарына сай даярланады.

5.2.5. Дала журналын ашу

Қабылдағышпен жұмыс істеуден басқа, оператор тікелей пунктте бақылауды дала журналына енгізілген барлық жазбаларды аяқтайды. Онда:

- бақылау пунктінің атауы және оның шартты белгіленуі;
- тіркелетін файлға енгізілген;
- оператордың фамилиясы;
- жерсеріктік аппаратура пунктіне орнатылған негізгі ком-

поненттердің сериялы нөмірі (антеннаның, қабылдағыштың, сенсордың, т.б.);

- антеннаны геодезиялық марка үстінен орнату биіктігі;
- сеанстың басталуы мен аяқталу уақыты;
- жер серіктерінің нөмірлері мен олардың орналасқан жері;
- бақылау пунктінің жорамал координаталары (қабылдағыш дисплейінің экранында бейнеленген ақпараттар бойынша);
- өлшеу нәтижелерін камеральды өңдеу процесінде пайдалы бақылауды жүргізуге қатысты барлық ескертулер сияқты ақпараттар болуы тиіс.

Жеке, ерекше жауапты жұмыс түрлерінде пунктте орнатылған апаратурамен суретке түсіру ұсынылады.

5.3. Жерсеріктік өлшеудің нәтижелерін өңдеу

Топографиялық-геодезиялық ақпараттарды өңдеудің жалпы процесі:

- алғашқы өңдеу;
- алдын ала өңдеу;
- соңғы өңдеу сияқты кезеңдерге бөлінеді.

Алғашқы өңдеуге – тікелей өлшеу процесінде орындалатын есептеулер жатады. Осы кезеңде алынған есептеулердің дұрыстығы мен бірлік өлшеу дәлдігі бақыланады. Жерсеріктік өлшеу жағдайында алғашқы өңдеу – тікелей дала қабылдағыштарында орындалады. Ал координатты навигациялық режимде анықтаудың бақылау ретінде аспаннның көрінуі, жер серіктерінің қажетті саны және өлшеу процесіндегі геометриялық факторлардың тиімділігі болып табылады.

Келесі кезең алдын ала өңдеу, ол өлшеу сапасын желіде не жеке объектіде жедел бағалау мақсатында орындалады. Алдын ала өңдеу нәтижелері бойынша, соңғы өңдеуге – дала материалдарының жарамдығы жөнінде және даяр өнімді алу немесе ақауды қайта жасау қажеттілігі жөнінде қорытынды жасалуы мүмкін. Бригада жұмыс аймағынан шыққанға дейін алдын ала жедел өңдеуді орындайды, дала материалдарының жарамсыз өлшеу нәтижелерін алып тастайды. Сонымен қатар, алғашқы деректер жарамсыз немесе желі конфигурациясы өзгерген болса, далада өлшеу жұмыстары қайта жа-

салып, өлшеу нәтижелерінің сапасын жоғарылатуға мүмкіндік туады. Алдын ала өңдеу, әдетте жерсеріктік қабылдағыштар жинағына кіретін программаларды қолдануға байланысты орындалады.

Соңғы өңдеу – дайын өнімді координаталар мен биіктіктер каталогтарын алуға арналып, далалық жұмыстарды аяқтағаннан кейін орындалуы мүмкін. Соңғы өңдеу, жерсеріктік қабылдағыш жинағына кіретін программалар мен арнайы жасалаған программаларды қолданып та орындалуы мүмкін.

5.3.1. Қабылдағышта жүргізілетін жерсеріктік өлшеуді алғашқы өңдеу

Жерсеріктік бақылауды қабылдау құрылғысында жүргізу процесінде тек өлшенетін мәндердің есептерін тіркеу ғана емес, олардың алғашқы өңдеуі де жүргізіледі. Мұндай қажеттілік қозғалатын объектінің координаталары нақты уақыт масштабында, яғни тікелей қабылдағышта есептелуі тиіс кинематикалық режимді қолданған кезде ғана қолданылмайды. Сонымен қатар, әрі қарай өңдеуге арналған деректер массивін құрып қана қоймай, қабылдау құрылғысының дисплей экранында бейнеленетін ағымдағы ақпараттарды алу мақсатындағы статистикалық жұмыс режимінде де пайда болады. Ал қабылдау құрылғысының негізінде оператор орындалып жатқан өлшеу процесін қадағалап, қажет жағдайда осы процесті түзете де алады.

Процессорлық блок – жерсеріктік қабылдағыштардың біртұтас бөлігі. Ол тек берілген программа бойынша қабылдағыштың жұмыс режимін басқарып қана қоймай, өлшеу нәтижелерінің алғашқы өңдеуін де орындайды. Бұл кезде өңделуге, навигациялық деректер құрамындағы берілген ақпараттар да, жалған қашықтықты кодтық фазалық сигналдар негізінде есептелетін өлшеу нәтижелері де, тербелісті өлшеуге негізделген жер серігі мен қабылдағыш арасындағы арақашықтықтың дәл мәні де ұшырайды.

Жер серігінен берілетін навигациялық деректерді өңдеу кезінде оны декодтау, яғни жер серігі эфемеридтері – оның сағат көрсеткіштерінің түзетулері, ионосфералық түзетулер, альманах пен басқа да көмекші көрсеткіштер жөніндегі ақпараттарды қалпына келтіру жүргізіледі. Бұл ақпарат әрі қарай камеральды өңдеу кезінде (пост-өңдеу) қолданылатын навигациялық деректер файлын құруға

пайдаланылады. Ал қабылдағыш сағаттарының көрсеткішін жедел түзетіп, қабылдағыш дисплейінің экранында бейнеленген бірқатар параметрлерді есептеу үшін де қолданады (тұру нүктесінің жорамал координаталары, бақыланатын пункттер мен олардың аспанда орналасу нөмірлері, геометриялық факторлар, т.б.).

Қабылдағышта жүргізілетін өңдеу процесінде сонымен қатар, кодтық сигналдар, жер серігі мен қабылдағыш арасындағы арақашықтықты жүріп өту уақытын анықтау негізінде, жалған қашықтықтың мәні де есептеледі.

Аталған әсерді азайту үшін қабылдағыштың жер серігінен шағылысатын радиосигналдарының бастапқы ұсталу сәтінде жер серігінен берілетін тұрақты тіректік уақыт қолданылады. Ол – *жүйелік уақыт* деп аталады (GPS немесе ГЛОНАСС). Мұндай мәселені шешудегі негізгі проблема – осы тіректік уақытқа жер серігі мен қабылдағыш арасындағы арақашықтықтан сигналдың өту аймағында пайда болатын кідірісті енгізу қажеттілігіне байланысты. Осы мақсатта қолданылатын орбиталар үшін аталған уақытша кідіріс 65-тен 85 мс-ке дейінгі ауқымда болатын факт ескеріледі. Арақашықтықты өлшеуде жалған қашықтықтың нақты анықталған мәніне тән қателіктер ғана қалады. GPS жүйесі үшін C/A-кодқа сәйкес мұндай қателік 40 м шамасымен бағаланады.

Жалған қашықтықты алғашқы өңдеу кезеңінде есептелетін мәндер камеральдық өңдеу жүргізілетін кезде (пост-өңдеу) қолданылатын, бақыланатын деректер файлының құрамына енгізіледі. Бір немесе екі жиілікті қабылдағыштармен фазалық өлшеуді орындаған кезде, фазалық циклдің үлестегі есептеулері секундтің ондаған үлесімен есептелетін аралықтағы 1-2 екі жиіліктерде жүргізіледі. Ұзақтығы бірнеше сағатқа (кейде тәулік) жетуі мүмкін бақылау сеанстарын жүргізу нәтижесінде, деректер массиві жинақталады. Оларды сақтау үшін сыйымдылығы өте үлкен жады қажет. Мұндай техникалық қиыншылықтарды жоюға тікелей қабылдағышта тіркелетін деректерді тығыздау іске асырылады. Осындай процесті көбінесе, *компрессия* деп атайды. Оны іске асыру процесінде қабылдағышты бақылауға дайындау кезеңінде, оператор беретін аралықта жүргізілетін таңдаманың орташа мәні есептеледі. Бұрын айтып өткеніміздей, мұндай аралықты көбінесе 10-15 с-ке тең етіп таңдап алады.

Қабылдағышта тікелей тығыздаумен қатар, деректерді іріктеу жүзеге асырылады. Соның нәтижесінде үлкен ауытқулары бар жа-

рамайтын есептер алып тасталады. Ал, мұндай процедурада сигналдарды қандайда бір себептерден, жер серігінен жеке уақыт сәтінде қабылдау мүмкін еместігіне байланысты, циклдің жеке өткізулерін жоюға болады.

Деректерді қабылдағышта автоматты режимде өңдеу кезінде мынадай шарттар орындалуы тиіс:

1. Қабылдағыш сағаты көрсеткішінің жүйелі уақыттан ауытқуы, бір микросекундтан аспауы қажет. Мұндай шартты сақтаған кезде қабылдағыштың сағат көрсеткішінің жүрісін, уақыттың жер серігінен қабылданатын қателігі жүздеген наносекунд болатын дәл уақыт негізінде түзетуге болады. Аталған процедура – *уақытты “қалпына” келтіру* деп аталады.

2. Базистік аралықтың дұрыс мәнін әрі қарай келесі өңдеу кезеңінде есептеу үшін өзара әрекеттесетін екі қабылдағыш сағат көрсеткішінің айырмашылығы, бір микросекундтан аспауы керек. Бұл шартты орындау кезінде қабылдағыш сағатының қолданылатын көрсеткіштерінің синхронды еместігінен, қателіктері 2 мм-ден артық емес шамалармен бағаланады. Яғни, шу - әсер ету деңгейінде орналасады.

3. Алғашқы өңдеу кезеңінде қабылдағыштың электронды то-раптары жұмысының жетілмегендігіне байланысты туған жарты циклдердің өткізулері айқындалып, жойылуы тиіс.

4. Кодтық сигналдар негізінде тікелей қабылдағышта алынған бір кезеңге, әртүрлі пайдалану жиіліктеріне жататын жалған қашықтықтың мәндері өзара келісілген болуы тиіс.

5. Бір кезеңнен екіншісіне өткен кезде анықталатын жалған қашықтықтың өзгеру заңдылықтары біртекті сипатта болуы тиіс.

Қабылдағышта өңделген ақпараттар бақыланатын деректер файлын, сондай-ақ навигациялық декетер файлын қалыптастыру үшін қолданылады. Соның негізінде, әрі қарай өңделу жүргізіледі. Мұндай файлдың RINEX форматында жазылуы кезіндегі құрылымы өте көрнекті.

Әрбір файл тақырып пен жазылған деректердің негізгі массивінен тұрады. Бақылау нәтижелері файлының тақырыбы:

- формат версиясы мен файлды теңдестіруші көрсеткіштер;
- бақылау сеансының басталу күні, уақыты;
- пункттің шартты атауы;
- бақылаушы мен оның ұйымы жөніндегі ақпараттар;
- қабылдағыш пен антенна типі;

- пунктінің WGS-84 жүйесіндегі жорамал координаталары;
- фазалық центрді жергілікті жерге бекітілген маркаға қатысты алып шығуын сипаттайтын шамалар;
- фазалық өлшеулерді есептеу жүйелері (циклде немесе жартылай циклде);
- файлдағы жер серіктердің нөмірлері;
- бақылау түрлері (кодтық немесе фазалық бақылау, олардың қандай код және қандай пайдалану жиілігіне жататыны);
- бірінші бақылауды жазу уақыты ақпараттарынан тұрады.

Тақырыптан кейін қарастырылатын файлда жазылған деректер массиві.

- бақылау кезеңін сипаттайтын деректер (ай, жыл, күні, сондай-ақ сағаты, минуты, секунд);
- қабылдағыштың сағат көрсеткішінің ауытқуы (секундпен);
- C/A- кодты және P – кодты пайдаланып анықталған, жалған қашықтық мәндері (метрмен);
- фазалық өлшеу нәтижелері (кезең үшін екіншіден бастап, алдыңғы кезеңге қатысты сәйкес белгімен циклдер үлесіндегі фаза өсімшесі келтіріледі).

Навигациялық деректер файлы деп аталған басқа файлда – пішін (формат) версиясы мен файл идентификациясы, бақылаудың басталу күні мен уақыты, ионосфералық модельге қатысты коэффициент мәндері, жер серігіндегі сағат көрсеткіштеріне түзетулер берілген. Сондай-ақ, әрбір кезеңге жататын және жер серігінен берілген деректерді жіберу сәтіне сәйкес дәл жүйелі уақыттан тұратын жазбалар, жер серігінің қоздырылған орбита эфемеридтерін берілген уақыт сәтінде есептеудің бірқатар түзетілген мәндері келтіріледі.

5.3.2. Өлшеу аяқталғаннан кейін жүргізілетін жерсеріктік өлшеуді алдын ала өңдеу

Деректерді алдын ала өңдеу – жерсеріктік қабылдағыштарды дайындаушының стандартты программалық қамтамасыз етуін пайдалана отырып жүзеге асырылады, ол дала базасында орындалады. Бұл кездегі негізгі бақылау критерийлеріне: мәндердің бірдей болмауы; желінің барлық аралықтары бойынша орындау; дәлділікті өңдеу нәтижелерінің ішкі жинақтылығы бойынша бағалау; нәтижелердің желідегі тұйықталған қатары бойынша жинақталуы жатады. Ал

бұрын орындалған өлшеулер мен белгілі пункттер арасындағы бақылау – арақашықтықтары мен жинақтылығы болып табылады.

Жерсеріктік өлшеулерді камералдық өндеудің қазіргі заманғы көптеген программаларын (пост-өндеу) өндеу әдістері бойынша:

- жеке аралықтарды есептеу;
- көпнүктелі шешімдер деп бөлінеді.

Жеке аралықтарды есептеу әдісі қазіргі кезде ең көп таралған. Оны кез келген жағдайда алдын ала өндеуді орындағанда, тіпті, программалық пакетті көп нүктелі шешімдерді іске асыруға мүмкін болғанда да пайдалануға болады. Жеке аралықтар әдісінің артықшылығы – алдын ала өндеуді орындағанда, деректердегі жеткілікті мөлшердегі қателерді өндеуге байланысты, көпнүктелі шешім жағдайында оларды жою қиын.

Жеке аралықтарды өндеуге есептелген программалық қамтамасыз ету – сапалы аралықтар мен нүктелерді жақсы бақылау мен шектеуді қамтиды. Сапасыз нүктелер осы нүктеге келетін аралық дәлдігін бағалау бойынша шектелуі мүмкін. Әдетте, мұндай аралықтардың дәлдігі белгілі бір объектідегі орташа дәлдіктен едәуір төмен. Сапасыз аралықтарды шектеуге мүмкіндік беретін басқа бақылау әдісіне: тұйықталған құрылым – үшбұрыштар, векторлық жүріс бойынша бақылау жатады. Егер тұйық векторлық жүріс бойынша координаталардың жалпы өсімшесі аспаптың құжаттағы дәлдігіне сәйкес келсе, онда осы құрылымға кіретін сызықтар сапалы болады.

Соңғы уақытта іс жүзінде жерсеріктік қабылдағышты жасаушылардың барлығы екі өндеу әдісін іске асырушы программалық қамтамасыз етуді береді. Бірақ бұл программалар шектеулері бар өндеу процесін максимальды автоматтандыру үшін есептеулер мен өлшеудің стандартты жағдайлары мен оның орындаушы біліктігіне қойылатын талаптарды азайтуға бағытталған. Мысалы, мұндай программалардың көбісі жеке сызық әдісін іске асыру кезінде, аралық ұзындығына, ал көп нүктелі шешімді жүзеге асырған кезде, оның бір мезгілде өңделетін нүктелер санына және өлшеу кезеңінің ұзақтығына шектеулер қояды.

Бұл шектеулерді жою үшін жалпы ортақ желіге біріктірілген жеке аралықтардың біріккен тендеулер процедурасы қолданылады. Сонымен бірге жалпы объектіге біріктірілген көпнүктелі шешімнің жеке блоктарының біріккен тендеулері қолданылады.

Алдын ала өндеудің маңызды кезеңі – нәтижелерді акырғы өндеуге жарамды форматта алу болып есептеледі. Іс жүзінде кез

келген программаның деректері ASCII мәтіндік форматта берілуі мүмкін. Оларды ұйымдастыру – жасаушы фирмаға, тіпті, нақты қабылдағышқа байланысты едәуір ерекшеленеді. Өлшеу нәтижелерін стандарттау әрекеті қабылдағыштардың әртүрлі типтер арасындағы деректер алмасудың тәуелсіз форматын құруға алып келді.

4-кесте

RINEX форматының жалпы құрылымы

Өлшеулер жөніндегі деректер файлы	Метеорологиялық деректер файлы	Навигациялық деректер файлы
Тақырыбы	Тақырыбы	Тақырыбы
Пункт	Пункт	Ескертулер
Орындаушылар	Бақылау типі	
Құрал-жабдық	Ескертулер	
Жер серіктері	Өлшеулер	Жер серігінің сағат көрсеткішінің параметрлері
Өлшеулер		Жер серіктердің орбиталық параметрлері
Белгілері		Ионосфералық түзетулер
		Белгілері

Бұл RINEX (4-кесте) деп аталатын формат ASCII мәтіндік форматтың үш:

- қашықтық өлшем деректерінен тұратын өлшеулер кезінде алынған деректер;
 - метеорологиялық деректері бар;
- навигациялық деректерден құралған файлдарынан тұрады.

Файлдың ұзындығы әр түрлі, максималь мәні – жатық жолдағы 80 таңбаға тең. Әрбір файл тақырыптар секциясы мен деректер секциясынан тұрады. Навигациялық деректер файлы – тәуелсіз орналасып, өлшеу мен метеорологиялық деректер файлдары, пункті бақылау кезіндегі әрбір қолданылатын файл үшін құрылуы тиіс.

5.4. Жерсеріктік геодезиялық желіні теңестру

5.4.1. Жерсеріктік өлшеулердің соңғы өңделуі

Жерсеріктік әдістермен құрылған геодезиялық тораптар дәлдігі мен өлшемдеріне байланысты соңғы өңделу, жоғарыда қарастырылған әдістердің: жеке аралықты есептеудің, көп нүктелі шешімдердің біреуімен орындалуы мүмкін.

Соңғы өңдеуді орындаған кезде мына жағдайларды ескеру қажет. Егер фазалық өлшеу мен алғашқы айырым деректері өзара әлсіз корреляцияланған (өзара байланысты) болса, онда екінші, үшінші айырымдар – корреляцияланған қатынастар болып келеді. Осы тәуелділіктерді есепке алу, соңғы өңдеудің күрделі проблемаларының бірі саналады.

Жерсеріктік анықтауда жалпы корреляцияның:

- физикалық корреляция;
- математикалық корреляция сияқты екі тобы бар.

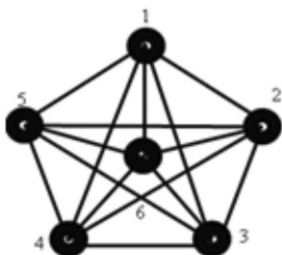
Бір мезгілде бір жер серігіне екі А және В пункттерінде орнатылған екі қабылдағыштан кірісіне келіп түсетін $\Phi_A^j(t)$ және $\Phi_B^j(t)$ сигналдар фазасы, бір-бірімен физикалық түрде өзара байланысқан. Өйткені, олар бір жер серігімен бірдей атмосфералық жағдайларға жатады. Физикалық корреляцияның мәні - айырымы арқылы енгізілетін математикалыққа қарағанда, бірнеше рет кіші болғандықтан, математикалық корреляцияны жою әдістерін талдау көп қызығушылық туғызады.

Екінші айырым үшін корреляцияны есепке алу салыстырмалы түрде жеңіл жүзеге асырылуы мүмкін. Мысалы, екінші айырымдар ортомөлшерлеу (ортонормализация) процедурасын пайдаланған кезде оңай декорреляциялануы мүмкін. Корреляцияны үшінші айырымдарда есепке алу – күрделі процедура болып шықты.

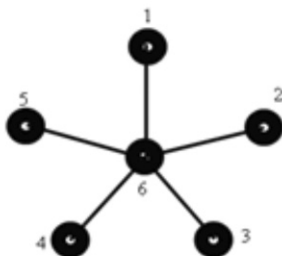
Желілі бақылау әдісі үшін бірінші айырым әдісін пайдалану, әдетте, барлық мүмкін болатын комбинациялар үшін базистік аралықты бірінен кейін бірін тізбектей есептеу. Егер желіде өлшеулер n пункттерде орындалса, онда базистік аралықтың санын (N):

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (56)$$

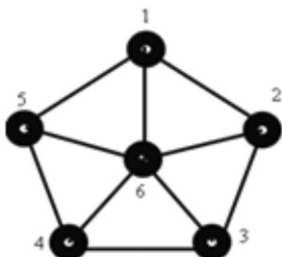
формуласын анықтауға болады.



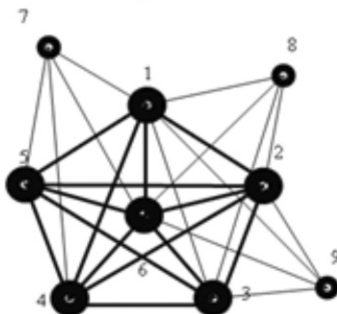
Бірінші вариант – сызықтардың барлық комбинациялары;
6 – пункт, 6-қабатдағыш;
1-сеанс; 5-бағыт



Екінші вариант – сызықтардың тек тәуелсіз комбинациялары;
6 – пункт, 6-қабатдағыш;
1-сеанс; 5-бағыт



Үшінші вариант – тәуелсіз және тәуелді бағыттардың жиынтығы;
6 – пункт, 6-қабатдағыш;
1-сеанс; 10-бағыт



Төртінші вариант – екі сеанс:
6 – пункт, 6-қабатдағыш;
2-сеанс (I – 1,2,3,6,8,9 – пункттар;
II – 1,3,4,5,6,7 – пункттар); 13-

20 – сурет. Жергілікті торапты соңғы рет өңдеу нұсқалары

Бұл кезде олардың ішінен тек $(n - 1)$ - ғана тәуелсіз болатынын айтқан жөн. Практикада соңғы өңдеудің үш нұсқасы қолданылады:

- жеке сызықтың барлық мүмкін комбинациясын өңдеу;
- тек қана тәуелсіз сызықты өңдеу;
- құрама нұсқа – сызық саны екінші нұсқаға қарағанда, көп немесе бір өлшеу сеансына қарағанда, көп нәтиже пайдалану.

Жеке аралық әдісі үшін өңдеу программасы едәуір оңай. Бірақ барлық сызықтарды ретті өңдеудің жалпы уақыты – көп нүктелі шешімнің уақытымен, әсіресе, ондаған пунттен тұратын жергілікті желі үшін салыстырмалы.

Жеке нүктелер мен сызықтардағы сапасыз өлшеулер жеке сызық әдісінде оңай тоқтатылып, жойылады. Бірақ, көп нүктелі шешім кезінде циклдердің өтуі одан да оңай анықталып жойылады.

Айтылған әдістердің біреуін де ерекше деуге болмайды. Өйткені, практикада екі әдіс немесе олардың құрамасы қолданылады. Қырлары 20 км-ге дейінгі кішкене тораптар, қабылдағыштарды жасау фирмасының программалары бойынша оңай өңделеді. Жүздеген пункттерден құралған, үлкен уақыт аралығында құрылған тораптарды, программалар мен өңдеу әдістерін құрастыра отырып өндеген дұрыс.

Практикада:

- жерсеріктік өлшеулерді, жерсеріктік қабылдағыштарды жасаушы фирма программасы бойынша ақырғы рет өңдеу;
- жерсеріктік өлшеулерді арнайы жасалған программа бойынша ақырғы рет өңдеу сияқты технологиялық сызбанұсқалар қолданыла бастады.

5.4.2. Жерсеріктік өлшеулерді жерсеріктік қабылдағыштарды жасаушы фирма программасы бойынша соңғы өңдеу

Жерсеріктік қабылдағыштарды жасайтын фирмалардың программаларының бір фирманың жерсеріктік қабылдағышының нақты типіне немесе моделінің ретіне қарай бейімделгені дұрыс. Өндірісте алуан түрлі жерсеріктік қабылдағыштар мен оларға сәйкес программалық қамтамасыздану ескеріледі. Ал қабылдағыштар мен программалардың әртүрлі жинағымен жұмыс істеу тәжірибелері, жерсеріктік өлшеулерді өңдеу мәселелері, жерсеріктік қабылдағыштардың нақты модельдері мен осы типті қамтамасыз ететін программалардың версияларына жүктелмей, жалпы түрде қарастырылған.

Жерсеріктік қабылдағышты өндірушілерге тәуелсіз ұйымдар жасаған жерсеріктік өлшеулерді өңдеу программалары әмбебап болып есептеледі. Мұндай программалар, бір фирманың жерсеріктік қабылдағыштарының нақты типінің не модельдік қатарының ерекшеліктерімен шектелмеген. Көптеген мұндай программалардың құрылымы жерсеріктік қабылдағыштарды жасаушы фирма программаларының құрылымына ұқсайды.

Әдетте, мұндай программаларда жоспарлау және алдын ала өңдеу функциялары жоқ. Сонымен қатар, күмәнді нәтиже деректерін талдау мен бақылау функциялары кеңінен тарауда. Одан бөлек, көптеген

программаларда өлшеудің сыртқы жағдайларын азайту үшін түрлі түзетулер мен өзгертулер енгізудің көп мүмкіндіктері бар.

Арнайы жасалған программалардың ішіндегі ең танымалысы: Bernese; GIPSY; GAMIT.

5.4.3. Жерсеріктік технология бойынша жасалған геодезиялық тораптарды теңдестіру

Геодезиялық тораптар оларды құру технологиясынан тәуелсіз артық өлшеулерден тұрады. Артық өлшеулер көмегімен сапасыз нәтижелер бақыланып жойылады. Одан бөлек, артық өлшеулер – орындалған өлшеу дәлдігін бағалау үшін пайдаланылады. Бір жағынан, артық өлшеулер – геодезиялық тораптардың координаталары мен биіктігінің біртекті мәндеріне алып келеді. Теңдестіру процесі бір мәнді нәтиже алу мақсатында олардың дәлдігін арттыру үшін орындалады. Әдетте, бұл есеп $\sum p v^2$ өрнегін минималдаудың ең кіші квадрат әдісі бойынша шешіледі. Мұндағы p – өлшеу немесе координаталар салмағы, ал v – сәйкес түзетулер. Өлшеу салмағын дұрыс таңдап алу – теңдестіру нәтижелерінің дәлдігін жоғарылатуға алып келеді. Ал керісінше, қате берілген салмақтар – геодезиялық торап дәлдігін төмендетуі мүмкін.

Практикада:

- жерсеріктік қабылдағышты оны жасаушы фирманың программасы бойынша теңдестіру;
- арнайы жасалған программа бойынша теңдестіру;
- трилатерация торабы сияқты жерсеріктік өлшеуді теңдестіру;
- жерсеріктік қабылдағыштарды жасайтын фирма программасы бойынша теңдестіру сияқты технологиялық сызбанұсқалар қолданылады.

Теңдестіру процесіне қатысатын программалардың негізгі блоктарына:

- қарап шығып, редакциялау;
- теңдестіру;
- координаталарды түрлендіру;
- қызмет көрсету (программалар) жатады.

Таңдап алынған объект деректерін «Қарап шығу және редакциялау» блогында графикалық кесте түрінде сондай-ақ, редакциялауға болады. Пункт идентификаторы, атрибуттар, антеннаның орын ауы-

суы, координаталар, т.б. сияқты пункттерге жататын ақпараттарды кез келген уақытта қарап шығып, редакциялауға болады. Фильтрлерді қолдану –экранға нақты өлшемдерді қанағаттандыратын пункттерді ғана шығаруға мүмкіндік береді.

«Теңдестіру» блогы пайдаланушыны базистік сызықтың векторларын, WGS-84 кеңістіктік геодезиялық координаталар жүйесіндегі ең кіші квадраттар әдісі бойынша теңдестіру орындау құралдарымен қамтамасыз етеді. Деректер кез келген объектіден тікелей импортталуы немесе деректер импорты, ASCII форматы бойынша ұқсас файлан жүзеге асырылуы мүмкін. Сөйтіп, бос (еркін) немесе еркін емес теңдеулер орындалуы мүмкін. Теңдестіру процесі автоматтық режимде іске асырылады, әдетте, ол оператордың қатысуын қажет етпейді.

Пайдаланушының координаталар жүйесіндегі нәтижелерін алу үшін координаталарды бір жүйеден, екіншісіне түрлендіру қажет. Ол үшін:

- эллипсоидтардың жинақтары мен координаталарының, трансформациялау параметрлері мен проекция жинағының кітапханасын құру;
- координаталарды түрлендіру параметрлерінің әртүрлі типтерін анықтау;
- әртүрлі түрлендіру түрлерін жүзеге асыру;
- әртүрлі картографиялық проекцияларды қолдану;
- картографиялық проекциялардың есептеу программаларын біріктіру сияқты бірнеше мүмкіндіктер ұсынылады.

5.5. Арнайы жасалған программа бойынша теңдестіру

Жерсеріктік өлшеулерді арнайы жасалған программа бойынша теңдестіру процесі, жерсеріктік қабылдағыштарды жасаушы фирма программасы бойынша теңдестіруден шамалы ерекшеленеді. Арнайы жасалған программаларда координаталар әртүрлі әдістер және аспаптармен алынған деректерді түрлендіру функциялары ұлғайтылуы мүмкін. Одан бөлек, мұндай программаларда ерекше теңдеу алгоритмдері қолданылады.

Көптеген арнайы жасалған теңдестіру программалары, тек жерсеріктік өлшеу нәтижелерін ғана емес, жердегі геодезиялық

өлшеулер нәтижелерін – горизонталь және вертикаль бұрыштарды, өлшенген және редуцирленген сызықтарды, өсімшелерді, т.б-ды пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай мәселелер қалалық геодезиялық тораптарды қайта құру мен дамыту кезінде туындайды. Жоғарыда айтылғандай, біртекті деректерді пайдаланған кезде принципті түрде, теңдестіруге қатысатын барлық мәндердің салмақтарын дұрыс орнату маңызды.

Практикада:

- сенімсіз мәндерді тізбектеп түзететін аумақтағы барлық геодезиялық құрылысты жалпы біріктіріп теңдестіру;
- геодезиялық тораптың теңдестірілген бөлігінің дәлдігі бойынша түзеу және әрбір алынған тұрғызу класын бөлек-бөлек теңдестіру сияқты технологиялық сызбанұсқалар қолданылады.

Артықшылықтар мен кемшіліктер әрбір әдісте болады және оларды пайдаланудағы нақты ұсыныстарды, берілген аумақтағы геодезиялық ақпараттарды мұқият талдағаннан кейін ғана жасауға болады.

5.6. Жерсеріктік өлшеулерді трилатерациялау торабы ретінде теңдестіру

Жерсеріктік өлшеулерді трилатерациялау торабы ретіндегі теңдестіру әдісінің мәні – Жердің физикалық бетіндегі сызықтың ұзындығын жоғарыда келтірілген программалардың біреуі бойынша есептеу. Ал бұл, ұзындықтарды қажетті бетке қысқарту (редукциялау) және трилатерациялау торабын белгілі программалар бойынша теңдестіруден тұрады.

Жұмыс:

- жеткілікті дәлдікпен өлшенген тораптағы барлық сызықтарды анықтау, мысалы, тікелей екі қабылдағышпен өлшенген барлық сызық;
- геодезиялық торабы, конфигурациясының талаптарын қанағаттандыратын сызықтарды іріктеу (сызық ұзындығының, үшбұрыштардағы бұрыштардың, геометриялық фигуралардың ең кіші бұрышы, т.б. өлшемдер бойынша);
- жердің физикалық бетінде іріктеп алынған сызықтардың ұзындығын есептеу (еңкіш сызықтар);
- еңкіш сызықтарды берілген салыстырмалы бетке қысқарту

(эллипсоид, үш немесе 6 °С-тық зонадағы жазықтық, шартты биіктік және шартты осьтік меридианды жергілікті координаталар жүйесінің жазықтығы, т.б;

- алынған трилатерация торабы дәлдігін, геодезиялық тораптарды теңдестірудің белгілі программасының біреуін пайдаланып, теңдестіру және бағалау ретпен орындалады.

Бұл теңдестіру әдісін – бастапқы деректердің дәлдігіне сенімсіз болған жағдайда, оны қалалық геодезиялық тораптарды қайта құру кезінде пайдаланған жөн. Ол өлшеу нәтижелерінің бұрмалануы, минимальды мемлекеттік және жергілікті координаталар жүйелерінің байланысу кілтінің дәл мәнін теңдестіруде және оны анықтауда қолайлы тәсілді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Бақылау сұрақтары.

1. Жерсеріктік өлшеулерді алғашқы өңдеу кезеңінде қандай мәселелер шешіледі?

2. Өлшеуді алғашқы өңдеу кезеңінде қандай бақылау жүргізіледі?

3. Жалған қашықтықты анықтау кезіндегі негізгі қателік көзі.

4. Жерсеріктік өлшеуді алдын ала өңдеу кезеңінде қандай мәселелер шешіледі?

5. Жеке сызықты өлшеуді алдын ала өңдеу кезеңіндегі есептеу әдісінің артықшылығы неде?

6. Бақылау сәтінде метеорологиялық деректер файлы не үшін қажет?

7. Жерсеріктік өлшеулерді ақырғы өңдеу кезеңінде қандай мәселелер шешіледі?

8. Жерсеріктік өлшеуді ақырғы өңдеудің қандай тәсілінде жеке нүктелер мен сызықтардағы сапасыз өлшеулер оңай таралмай, жойылады?

9. Жерсеріктік өлшеуді ақырғы рет өңдеудің қандай әдістерінде цикл өткізулері оңай айқындалып, жойылады?

10. Ақырғы өңдеу программасында түзетулер енгізу мүмкіндігі қалай ескеріледі?

11. Геодезиялық тірек тораптарын жасаған кезде артық өлшеулер қандай рөл атқарады?

12. Геодезиялық өлшеулерді трилатерация торабы ретінде теңдестірудің мәні неде?

13. Қабылдағышта қандай параметр жалған қашықтық өлшеу әдісінде анықталады?

14. Төрт жер серігіне дейінгі арақашықтықты өлшеу не үшін қажет?

15. Нәтижелер теңдеуінің қажеттілік және жергілікті координаталар жүйесіне өту себептері?

16. Геодезиялық тораптарды ЖРНЖ арқылы құру ерекшелігі қандай?

17. Геодезиялық тораптар аумақты қамтуы бойынша қандай түрлерге бөлінеді?

18. Геодезиялық қабылдағыштар қандай режимдерде жұмыс істеуі мүмкін?

19. Геодезиялық тораптарды құру кезінде қандай өлшеу әдістері қолданылады?

20. Референттік пункт дегеніміз не?

21. Топографиялық суретке түсіру кезінде қандай өлшеу режимдері қолданылады?

22. GPS-қабылдағышты инициализациялау процедурасының мәні неде?

23. GPS геодезиялық қабылдағышының өзіндік диагностика режимі нені қарастырады?

24. ЖНЖС-нің қай жоғарылау бұрышында GPS-қабылдағышпен өлшеу жүргізу мүмкін?

25. GPS-қабылдағышпен жер серігінің өлшеу деректері қалай сақталады?

6-БӨЛІМ. МЕМЛЕКЕТТІК ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТІРЕК ТОРАПТАРЫН ҚҰРАУДА ЖЕРСЕРІКТІК ТЕХНОЛОГИЯНЫ ПАЙДАЛАНУ

6.1. Қазақстан Республикасының Мемлекеттік геодезиялық тірек тораптарын дамытудағы негізгі бағыттары

Қазіргі уақытта аса тиімді геодезиялық деректермен қамтамасыз ету жүйесін құру қажеттілігі ғаламдық навигациялық жүйелерді қолдану негізінде координат анықтауда өте тиімді заманауи жер серіктерімен анықтау әдістерінің (GPS, ГЛОНАСС және GALILEO) дамуында болып отыр, дәлірек айтқанда, өлшеу дәлдіктері жоғарылап, геодезиялық өлшеу технологиялары түбегейлі өзгеріске ұшырауда.

МГТ пунктар координаттарының жоғарғы дәлдігі және біртектігі, GPS/ ГЛОНАСС және GALILEO өлшеу жүйе әдістерімен геодезиялық қамтамасыз етуде барлық геодезиялық тірек тораптарында қолдануға мүмкіндік береді.

Соңғы уақытта барлық әлемде және біздің елде цифрлық карта жасау саласы қарқынды дамуда. Заманауи жоғарғы дәлдікті пландық негізді пайдалану, тек қана цифрлық топографиялық картаның сапасын және дәлдігін жоғарлатып қоймай, цифрлық картаны кез-келген координат жүйесінде (жергілікті жерді қосқанда) құруға мүмкіндік береді.

Дәстүрлі әдістермен құрылған Мемлекеттік геодезиялық тірек тораптары заманауи жер серіктері әдісінің барлық потенциалын толық қарқынды игере алмайды. Жер серіктері технологиясының әдістерін енгізу және жоғарғы дәлдікті геодезиялық координаттар жүйесін дамыту үшін жоғарғы кластағы арнайы жерсеріктік геодезиялық координаттар жүйесін, яғни фундаментальды астрономиялық-геодезиялық тораптар (ФАГТ) және жоғарғы дәлдікті геодезиялық тораптар (ЖДГТ) құру қажет.

Жерсеріктік геодезиялық тораптар нәтижелерін геодезиялық қамтамасыз ету жүйесінде тиімді пайдалану үшін ФАГТ және ЖДГТ әрбір пункты өзара дәл GPS - өлшеумен байланысқан бес пункт жиынтығынан құрылуы керек.

Басты пункт – GPS - өлшеулеріне арналған жұмыс центрі, ол қолайлы жағдайда бақылау арналған қол жететін жерлерде орналасады. Ол дәл GPS - өлшеулері мен екі жақын орналасқан басты негіздегі нивелирлік пунктермен байланысқан. Сонымен қатар жұмыс центрі және нивелирлік пунктер жерсеріктік өлшеулер екі көршілес жатқан МГТ пунктімен тікелей байланыста болып тұрады.

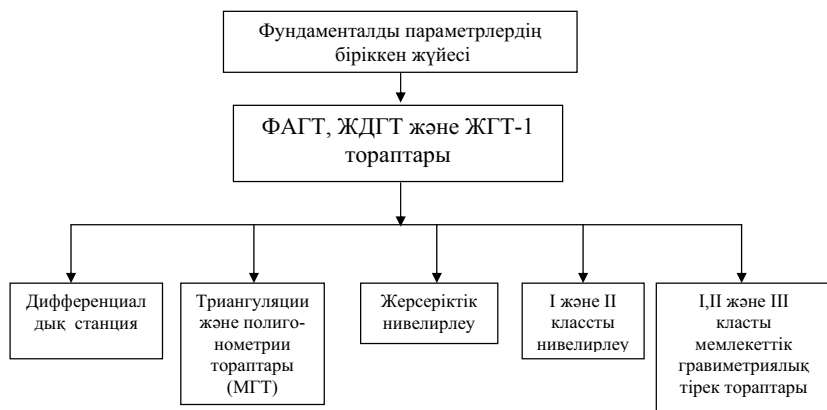
Дәстүрлі геодезиялық тораптармен байланыс І класты жерсеріктік геодезиялық тораптарды (ЖГТ-І) дамыту үшін де қолданылады.

Жоғарғы класты жерсеріктік геодезиялық тораптар пунктінің ФАГТ, ЖДГТ және ЖГТ-І пунктерімен байланысы теңестіру немесе трансформациялау жолымен 1 - 4 класты Мемлекеттік геодезиялық тораптарының дәлдігін растайды, ең бастысы МГТ-ның барлық пунктер координаталарын бір геоцентрлік координат жүйесінде анықтайды. Айталық, МГТ барлық пунктерінің жиынтығы екі координаттар: мемлекеттік референцтік және жалпы жердегі геоцентрлік жүйесін іске асырады.

GPS - өлшеулерін кеңінен қолдану жағдайында геодезиялық қамтамасыз ету жүйесін тиімді дамытуды кешенді шешу кезінде, тек қана жалпы жердегі геоцентрлік координаттар жүйесін құруды қарастырмай, жерсеріктік, гравиметриялық және нивелирлік деректерді бірге қолдану негізінде бір нормальды биіктіктер жүйесінде қарастырған жөн.

Геодезиялық тірек тораптарының жоғарғы тізбесі - ФАГТ, ЖДГТ және ЖГТ-І пунктерінің жиынтығын жоғарғы дәлдіктегі координаттар жүйесінде құру, оларды ғаламдық геодинамика процестерінсіз зерттеу мүмкін емес. Қазіргі таңда геодинамика (IGS) мақсатында халықаралық тұрақты ЖЖС-нің бақылау пунктерінің тораптары құрылған.

Бір координат және биіктік жүйесіндегі жаңа геодезиялық тораптар жүйесінің құру принципі *21-суретте* келтірілген.



21-сурет. Жерсеріктік геодезиялық тораптар жүйесін құру принциптері

6.2. Геодезиялық GPS базалық станциялары және оларды құру ерекшеліктері

Тұрақты жұмыс істейтін GPS базалық станциясы – сенімді жерге тұрақты орнатылған және үздіксіз қуат көзінің сенімді көзі арқылы жұмыс істейтін GPS қабылдауыш пен антеннадан тұрады. Қабылдауыш нақты уақытта жұмыс істейтін GPS, ГАЗ басқа құрылғылары қабылдауы мүмкін RTK және DGPS деректерін жиі беріп және өңделмеген деректерді жинап, кейде өңделмеген деректерді беріп, үнемі жұмыс істейді. Қабылдауыш, әдетте, қажет болса, қабылдауыштан қашықта орналасқан компьютер арқылы басқарылады. Компьютер жүйелі уақыт аралығы арқылы деректер файлдарын қабылдап, оларды GPS пайдаланушыларына, FTP-серверге жібереді [9].

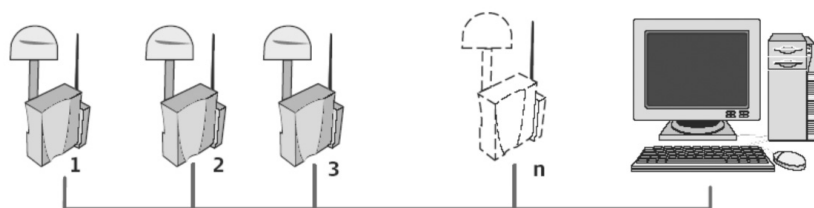
Тікелей жақында орналасқан, GPS пайдаланушыларына қызмет жасайтын бір немесе бірнеше жеке базалық станциялар кейбір ұйымдарға ғана қажет болуы мүмкін. Басқа пайдаланушыларға, алайда, өңір немесе тұтас мемлекет ауқымында GPS-деректерге қатынау мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін базалық станциялардың тұтас -5, 10, 20, 50 немесе одан да көп желісі қажет болуы мүмкін.

Телефон, жергілікті желі, ғаламдық желі немесе интернет арқылы желіге қосылған, базалық станциялар үшін мамандандырылған (арнайы) бағдарламалық жасақ орындалатын бір компьютер (сер-

вер) желідегі барлық станцияларды басқаруы мүмкін (қабылдауыш үшін компьютер қажет емес). Қысқаша кіріспе базалық станциялар мен базалық станциялар желісі қамту ауданы жөнінен де, шешім күрделілігі жөнінен де өте қатты ерекшеленуі мүмкін екенін көрсетті. Базалық станцияларды жасау мүмкіндігін зерттейтін ұйымдар базалық станциялар не үшін қолданылатынын, олардың қандай қызмет жасайтынын, шешім күрделілігінің сәйкес деңгейінің және жоба құнының қандай екенін мұқият ойластыруы керек.

GPS дамуының ерте сатысындағы алғашқы базалық станциялар теңіз навигациясының дәлдігін арттыруға мүмкіндік берген, дифференциялық түзетулерін (DGPS) тарату үшін теңіз жағалауында орнатылған еді.

Бүгінде жоғары дәлдіктегі GPS өлшеулер кеңінен таралғандықтан, базалық станциялар бүкіл дүниежүзінде көп мөлшерде орнатылуда. Олар жер қыртысын бақылау, геодезиялық тіректік желілерді жасау, топографиялық және құрылыс жұмыстарын қамтамасыз ету, ГАЗ-ге ақпарат жинау, механизмдерді және дәл орналасқан жерді (позиционирование) басқару, сондай-ақ табиғи және жасанды нысандар мониторингі үшін қолданылады. GPS базалық станциялары қолданбалы тапсырмалардың кең ауқымы үшін қажет геодезиялық негіздеуді (тораптарды) қамтамасыз етеді.



22- сурет. GPS базалық станциялар желісі

6.2.1. Топография, құрылыс, картография, кадастр және т.б. арналған геодезиялық қамтамасыз ету

GPS базалық станцияларының үнемі әрекеттегі желісі триангуляция және полигонометрияның дәстүрлі желілеріне қарағанда, едәуір тиімді болып табылады. Станциялар қажет жерге қолайлы орынға орнатылуы мүмкін (қашықтағы төбеге емес). Желі геометриясы дәстүрлі желідегі сияқты өте қиын емес, ал дәлдігі жоғары әрі едәуір тұрақты келеді.

Пайдаланушы өзінің қабылдауышын жұмыс істейтін жерге орнатады, деректерді базалық станциядан интернет арқылы жүктейді, өз қабылдауышының координатасын есептейді. Станциялар нақты уақыт режимінде жұмыс істеу үшін жылжымалы қабылдауыштар тікелей пайдаланатын RTK және DGPS деректерін жібере алады. Мұндай желі кез келген өлшемде болуы мүмкін. Бір немесе екі жеке базалық станция жергілікті облыс, қала, муниципальды білім беру, карьер (ашық кеніш) немесе құрылыс алаңында қолданылады. Көптеген станциялардан тұратын желі үлкен аумақтағы, өңірдегі немесе тұтас мемлекеттегі GPS пайдаланушыларына қызмет көрсете алады.

6.2.2. Жер қыртысы табиғи және қолдан жасалған (немесе жасанды) нысандар мониторингісі

Жер сілкінісі болуы мүмкін өңірлерде, жарықшақ бар жерлер бойында, жанартау белсенділігі аймағында (зона) базалық станциялар желісін жер қыртысының қозғалысын бақылау үшін жиі пайдаланады.

Базалық станцияларға арналған программасы бар басты компьютер деректерді жүктейді және антенналар координатын есептейді.

Өлшемі кіші мұндай желі табиғи және жасанды нысандардың, мысалы, мұздық, көшкін, дамба (бөгет), көпір, ғимарат, мұнара, теңіз мұнай платформаларының және т.б.-дың ығысуын бақылау үшін қолданылады.

6.2.3. Механизмдерді басқару

Үлкен құрылыс алаңдары мен ашық кен қазбаларында егер машиналар биіктікті бақылайтын автоматтандырылған басқару жүйесімен жабдықталса, жұмыс тез, едәуір жоғары дәлдікпен және материалдар мен машиналар аз мөлшерде пайдаланылып орындалуы мүмкін. Бульдозерлер, грейдерлер, скреперлер, бұрғы мұнаралары және т.б. үйлестіріліп, нақты уақытта сантиметрлік дәлдікпен орналастырылып басқарылады. Табаны мен шөміш биіктігі бойынша автоматты түрде орналастырылуы мүмкін. Егіс даласы үлкен болғанда, дәнді дақылдарды себуге, топыраққа тыңайтқыш шашуға, өнім жинауға

және т.б-ға арналған ауылшаруашылық машиналары нақты уақытта GPS арқылы басқарылса, едәуір тиімді жұмыс істейді.

Базалық станциялар механизмдер мен машиналарды басқаруды қамтамасыз етеді.

6.2.4. ГАЗ үшін деректер жинау

Су, электр және газбен қамтамасыз ететін компаниялар, телефон компаниялары, жер комитеттері, муниципалитеттері және басқа ұйымдар басқару үшін географиялық ақпараттық жүйелерді жиі қолданады. ГАЗ деректер базасы су құбыры, газ құбыры, байланыс желісі, электр беретін желі және т.б. сияқты инфрақұрылым, коммуникация, меншік шекарасының жағдайын бейнелейді.

GPS көмегімен (арқылы) нақты уақытта өлшеулер деректер базасын жаңарту, жаңа нысандардың атқарушылық түсірмесі және ескі нысандардың орнын анықтау үшін оларды қайта түсіру үшін кеңінен қолданылады.

Базалық станциялар ГАЗ үшін деректер алуға арналған тез әрекет жасайтын қабылдауыштардың жұмысын қамтамасыз етеді.

6.3. GPS желісі және базалық станциялар

GPS желісі және базалық станциялар әртүрлі салаларда қолданылады. Станциялар немесе желілер бір нақты міндетті шешу және пайдаланушылардың бір тобы үшін орнатылуы әрі үйлестірілуі мүмкін немесе олар көптеген міндеттерді (мәселе) шешуді қолдану және пайдаланушылардың алуан түрлі көптеген топтары үшін жасалуы мүмкін.

Бір базалық станция үлкен емес аумақ үшін өте оңды, көптеген станциялардан тұратын көп мақсатты желі ірі өңір үшін едәуір қолайлы келеді. Бір немесе бірнеше үнемі әрекеттегі базалық станциялар түсірісте немесе ұзақ уақыт бойы бір аумақта мониторинг жүргізуде қажет.

GPS-қабылдауыш базалық станцияда үнемі жұмыс істейді. Кодтық немесе фазалық өлшеулердің өңделмеген деректері белгілі бір ұзақтықтағы файлға жазылады. Қолданбалы міндет типіне байланысты файл ұзақтығы бірнеше минуттан сағатқа немесе тұтас

тәулікке дейін кез келген талап етілетін мәнмен берілуі мүмкін.

Базалық станцияның бағдарламамен қамтамасыз етілуі қабылдауышпен басқарылып және деректер файлын жүйелі уақыт аралығы арқылы жүктеп компьютерде жұмыс істейді (оны сервер деп атайды). Егер қажет болса, өңделмеген деректер қабылдауыштан серверге үнемі, секунд сайын берілуі мүмкін. Сервердің бағдарламалық жасауы деректердің RINEX (Receiver INdependent EXchange format-қабылдауыштың тәуелсіз алмастыру форматы) форматына конверсиялайды (айырбастайды) және RINEX форматында сығылған форматын жасайды. RINEX-файлдары FTP-серверге интернет арқылы GPS пайдаланушыларына қарапайым қатынауды қамтамасыз ету үшін беріледі.

Сонымен қатар файлдарды сақтау үшін мұрағатталады. Негізгі станциялардың бағдарламалық жасағы бар сервер көптеген қабылдауыштардан тұратын станциялардың тұтас желісін немесе жеке бір базалық станцияны басқара алады. Бір станция жағдайында компьютер қабылдауышқа көбінесе тікелей қосылады. Көптеген станциялар жағдайында сервер, әдетте, басқару орталығында орналастырылады да, телефон, жергілікті желі, ғаламдық желі немесе интернет арқылы қабылдауышпен коммутацияланады (әрбір қабылдауыш үшін компьютер керек емес).

Бір кезде орнатылған және үйлестірілген станциялар немесе желі толық автоматтандырылған режимде қызмет етеді. Алайда, жүйе инспекторы оған кіріп қабылдауышпен желіні қарап, қажет жағдайда баптауды орындап, жүйеге өзгертулер енгізе алады.

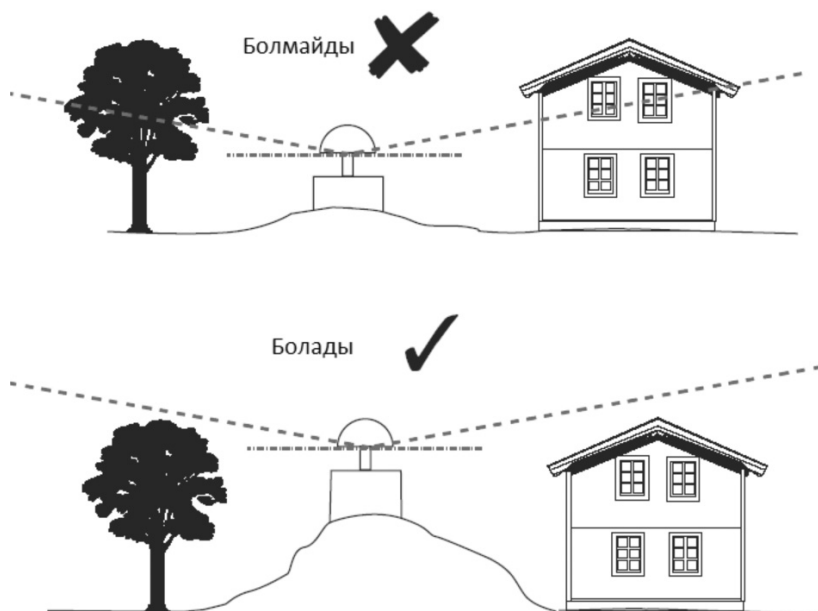
Жүйе нақты уақытта орындалатын топографиялық жұмыс үшін қажетті және ГАЗ деректерін жинау үшін қолданылатын, тез әрекет жасайтын қабылдауыштар үшін деректер беруі керек. Базалық станцияларда қабылдауыштар RTCM стандартты форматында және өзінің форматтарында (Leica, CMR, CMR+) деректерді шығара алады. Беріліс қолайлы жерде орналасқан таратқыштар арқылы немесе базалық станциядан тікелей жүзеге асырылуы мүмкін. Байланыс радио арналары, жоғары жылдамдықты сымсыз желі (GSM, GPRS, CDMA және т.б.) немесе интернет арқылы жүзеге асырылады. Егер желі ішіндегі қандай да бір ығысуды бақылау керек болса, белгілі бір уақыт аралығы арқылы антенна координатын автоматты түрде есептеу мүмкіндігі бар.

Жеке базалық станция немесе желінің функциялық мүмкіндігі мен күрделілігі көптеген:

- станция немесе желі қолданылатын міндет типі;
- станция немесе желі көрсететін қызмет типі;
- станция немесе желі пайдаланатын пайдаланушылар саны мен типі;
- коммуникацияның едәуір тура келетін әдісі;
- инфрақұрылымның қолжетімділігі;
- пайдалану шығындары;
- жүйе конфигурациясына өзгертулер енгізу мүмкіндігі;
- қолжетімді бюджет мөлшері сияқты факторларға байланысты
- Үнемі жұмыс істейтін GPS базалық станцияларды орналастыру үшін орын таңдаған кезде:
- аспанды бөгетсіз шолуды қамтамасыз ету қажеттігі;
- көп сәуле көзі болуы мүмкін нысандар тікелей жақындықта болмауы керек;
- кедергі көзі болуы мүмкін таратқыштар жақын маңда болмауы керек;
- станцияның қолданылу мақсаты;
- антенна тұрақтылығын қалай қамтамасыз ету;
- коммуникация мен сенімді үздіксіз қуат көзін қалай қамтамасыз ету;
- құрал-жабдықты сыртқы ортадан қорғауды қалай қамтамасыз ету;
- құрал-жабдықтың бұзылмай сақталуын және антивандал шараларын қалай қамтамасыз ету;
- инспекция және қызмет көрсету үшін қолжетімділік сияқты факторлар мұқият талдану керек.

Базалық станцияларда қабылдауыштар, әдетте, деңгей жиектен 10°-тан көп бұрышта болатын серіктерді бақылау мүмкіндігі қамтамасыз ететіндей орнатылуы тиіс. Кейбір міндеттерді шешу үшін деңгейжиекте (серіктің деңгейжиектен биіктігі -0) серіктерді бақылау қажет болуы мүмкін.

Бөгеттер (кедергілер) серік сигналдарының (белгі) жойылуына апарып соғып, көпсәулелікке себеп болуы мүмкін (шағылған сигналды қабылдау). Көпсәулелік деректер сапасына, демек дәлдікке кері әсер етеді.



23-сурет

Осындай түсініктерден антенналардың орны антенна деңгей жиегінен 10° бұрышта кедергі болмайтындай етіп таңдалуы керек екені анықталады. Бұл жоғары дәлдікті геодезиялық желіні қалыптастыратын базалық станциялар үшін өте маңызды. Егер кедергілер мүлде болмаса, шешім едәуір жақсы болады. Базалық станцияны орналастыратын орынның дұрыс таңдалғанын білудің бір жолы: қабылдауыш пен антеннаны орналастыру, бірнеше күн бойы деректерді жинау, содан кейін UNAVCO сайтынан TEQC арнайы аспаптарын пайдаланып деректерді талдау.

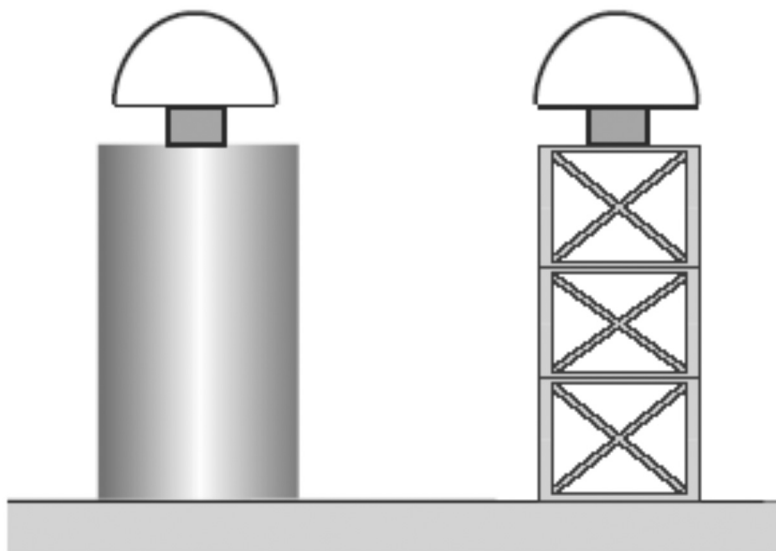
6.3.1. Базалық станцияны бағанаға (тірек) орналастыру

Іргелі (негізді) тау жыныста орналастырылған монолитті іргетастағы (тіректегі) бағана жер қыртысының қозғалысын бақылау үшін қолданылатын станцияларды орнатуға қолайлы келеді.

Бағаналар, сондай-ақ кейде геодезиялық желілерді қалыптастыратын станциялар үшін де қолданылады, алайда, мұндай станциялар, әдетте, ғимаратта орналастырылады. Егер бағанада қондырғы қолданылатын болса, онда:

- сенімді үздіксіз электр көзі мен коммуникация қалай қамтамасыз етілендігі мұқият ойластыру қажет.

Бағаналар бетон немесе металл болуы мүмкін. Климаты ыстық жерлерде өте биік бағаналар күн сәулесінен қызып кетуге байланысты тәуліктік өзгеріске ұшырауы мүмкін.



24- сурет

Егер бағана дұрыс жобаланса, онда GPS-қабылдаушыты қуат көзінің топтамасын (блок) және коммуникация құрылғысын бағана ішіне орналастыруға болады. Ондай болмаған жағдайда бұл құрылғылар жақын жердегі ғимараттағы контейнерде орналастырылуы керек. Климатқа байланысты желдеткіш немесе типті кондицияға сәйкестендіру талап етілуі мүмкін.

Егер жабдық жақын жердегі ғимаратта орналастырылса, онда, әдетте, электр мен телефон байланысы оңай қолжетімді болады. Егер жабдық бағанада немесе контейнерде орналастырылса, онда арнайы күш беретін және телефон желісі жүргізілуі керек, бұл жоба құнын едәуір арттыруы мүмкін. Климаты ыстық аудандардағы қашық алаңдарда қабылдауш пен байланыс құрылғысының қуат көзі үшін күн батареяларының топтамасын орнатуға болады (спутниктік немесе мобильді телефон).

Егер базалық станция қорғалмаған жерде орналастырылса, онда

жабдықты вандалдар мен қызыққұмар адамдардан қорғау үшін биік дуал жасауға болады.

Бағаналарға орнатылатын базалық станцияларды мұқият жобалау керек, бұл әсіресе, жасалуы жобаның едәуір қымбат болуына апарып соғатын инфрақұрылымға қатысты.

6.3.2. Ғимаратқа базалық станцияларды орнату

Базалық станцияларды ғимаратқа орнату кезінде едәуір артықшылықтар бар, себебі электр әрі телефон желісі, әдетте, қолжетімді және жабдықтар салыстырмалы түрде сақталады.

Ғимарат, әдетте, тірек пунктерінің геодезиялық желісіне қосылатын базалық станцияларды орналастыру үшін қолайлы келеді. Мұндай желі топографиялық түсіру үшін негіз ретінде, құрылысты геодезиялық жағынан қамтамасыз етуде, нақты уақыт режимінде жұмыс істеу үшін дифференциалды түзетудің өзгеруін беруде қолданылады.

GPS-антенналарды мүмкіндігінше биік орнатқан дұрыс болғанымен, мұнаралар мен көп қабатты жіңішке биік ғимараттар тура келмейді, себебі желдің әсерінен олар тербелуі мүмкін. Климаты ыстық елдерде өте биік ғимараттар құрылыстың жан-жағынан әркелкі қызуы салдарынан өзгеріске ұшырауы мүмкін.

Биіктігі орташа төбесі тегіс және салыстырмалы түрде іргетасы кең ғимараттар, әдетте, өте тұрақты және базалық станцияларды орнатуға өте қолайлы.

Әдетте, GPS-антенналарды ғимарат төбесіне орнату үшін тұрақты орын ұйымдастырған жөн. Бұны бірнеше әдіспен, мысалы, бұрамасы 5/8 дюймдік бұрандаға бекітілген металл пла-



25- сурет. Ғимарат төбесіне орнатылған базалық станция

стина немесе үлкен емес бағана салып, немесе құбырды консольды қабырғаға бекітіп және т.б. арқылы жасауға болады. Қабылдауышты қуат көзінің топтамасы (блок) мен байланыс құрылғысын (типті компьютер) электр және телефон желісі бар ғимарат төбесінің астына орналастырса болады (25 - сурет).

Көп жағдайда жоба құны базалық станцияны ғимаратқа орналастыру кезінде едәуір төмендеуі мүмкін, себебі күш беретін кабель мен коммуникация желісін тартудың қажеті жоқ және станцияға қызмет етуші үшін жабдыққа қолжетімділікке кепіл болған едәуір оңай.

6.3.3. Жасанды ғимаратқа базалық станцияларды орнату

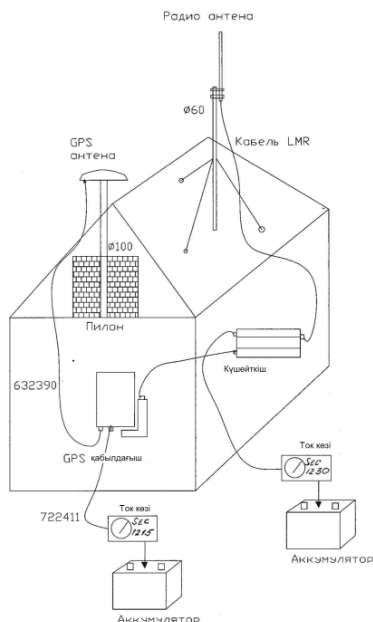
GPS базалық станциялар желісі дамба, көпір, ғимарат, теңіз мұнай платформалары және т.б. сияқты жасанды (қолдан жасалған) ғимараттардың өзгеріске ұшырауы мен жылжуын бақылау үшін табысты қолданылуы мүмкін. Егер баяу, ұзақ мерзімді ығысуды анықтау қажет болса, деректерді қабылдауышпен жинап, содан кейін жүйелі уақыт аралығында орталық компьютерге жүктеп, автоматты түрде өңдейді.

Нәтижесінде антенна координатасы есептеледі.

Тез, қысқа мерзімді ығысуды немесе типті дірілді бақылау үшін өңделмеген деректер үздіксіз жоғары жылдамдықпен қабылдауыштан басты компьютерге берілуі керек. Компьютерде жұмыс істейтін бағдарлама станциялар арасындағы негізгі линияларды үнемі өңдейді.

Жылжу мен өзгеріске ұшырау анықталуы керек. Антенналарды орнату әдістері мен орындары мониторингісі орындалуы тиіс ғимарат типі мен ығысу сипатына байланысты.

Электр мен телефон желісінің



26-сурет. Базалық станцияны орнату схемасы

қолжетімділігі байланыс құрылғысы, қуат көзі мен қабылдауыш орнын жобалаған кезде назарға алынуы керек.

6.4. GPS қабылдағыштар, GPS антенналар

6.4.1. GPS қабылдағыштар

Жүйе 1200 немесе Жүйе 500 серияларының Leica сияқты қазіргі заманғы (заманауи), әмбебап, екі жиілікті қабылдауыштары базалық станция ретінде пайдалануға едәуір қолайлы болып табылады. Себебі олар өлшеу деректерінің барлық типін (L1,L2,кодтық, фазалық) жинайды, барлық талап етілетін типтердің (RTK,DGPS,NMEA) шығатын деректерін генерациялайды және кез келген міндетті шешеді.

Бір уақытта әртүрлі пайдаланушылардың талаптарын қызметпен қамтамасыз ету үшін, қабылдауыштың деректерді үлкен жылдамдықпен тіркеп, өңделмеген деректерді үнемі бергені және RTK және DGPS деректерін жалпы қолданылатын (көпшілік пайдаланатын) барлық форматта (RTCM, Leica, CMR, CMR+) шығарғаны жақсы.

Деректерді екі әртүрлі жиілікте екі әртүрлі файлға үнемі тіркеу кейбір мәселелерді шешу үшін қажет болуы мүмкін.

Базалық станция ретінде пайдаланылатын қабылдауыштардың сәйкес порттары:

- базалық станцияның бағдарламалық жасауы жұмыс істейтін басқаратын компьютермен қосылу үшін;
- егер қажет болса, басты компьютерге өңделмеген деректерді беру үшін;
- коммуникациялық құрылғыларды қосу және RTK әрі DGPS деректерін беру үшін;
- басты және резервтегі (қордағы) қуат көзін қосу үшін болуы керек.

Бір жиілікті қабылдауыштардың функциялық жағынан шектеулері бар және қазіргі кездің талабына сай көп мақсатты базалық станция ретінде пайдалануға келмейді. Алайда, олар навигациялық қабылдауыштар үшін және ГАЗ-ақпараттарды жинайтын тез әрекет ететін қабылдауыштар үшін дифференциялық түзетулер деректерін (DGPS) жай ғана тарататын станциялар үшін қолданылуы мүмкін.

Бір жиілікті қабылдауыштарды үлкен емес, қысқа базистік желі шегінде нысан мониторингісі мақсаты үшін пайдалануға болады, бірақ бұл жағдайда да екі жиілікті қабылдауыштарды қолданған жөн.



27- сурет. GPS қабылдағыштары

6.4.2. GPS антенналар

Егер базалық станциялар мемлекеттік бірінші реттік геодезиялық желінің бөлігі болып табылса, Дорн-Марголин элементтері бар ерекше типті антенналар (choke-ring антенна) міндетті түрде пайдалану керек.

Дүниежүзілік, халықаралық IGS қызметін қалыптастыратын кез келген базалық станциялар, әдетте, осындай антенналарды пайдалануды талап етеді. Олар фазалық орталығының жоғары тұрақтылығымен, көпсәулеліктің шамалы деңгейге дейін төмендігімен ерекшеленеді де, алынатын деректердің мүмкін болатын едәуір жоғары сапасына кепілдік береді.

Жеке базалық станциялар үшін және негізінен құрылыс пен топография мақсаты үшін, нақты уақытта жұмыс істейтін, жылжымалы қабылдауыштарды деректермен қамтамасыз ететін желідегі базалық станциялар үшін стандартты шағын геодезиялық антенна тура келеді. Шағын геодезиялық антенна деректердің жақсы сапасын қамтамасыз етуі көптеген қосымшалар үшін жеткілікті, сондай-ақ ол choke-ring антеннаға қарағанда едәуір арзан.



28-сурет. Базалық станцияға арналған GPS антенналары:
локальды (уақытша) базалық станция; Тұрақты жеке базалық станция;
тұрақты базалық станция желісі

6.4.3. Антенна кабельдері

Стандартты 10 метрлік кабель көп жағдайда антенна мен қабылдауышты қосу үшін қолайлы. Егер қабылдауыш антеннадан үлкен қашықтықта орнатылатын болса, онда ұзын кабель керек.

Антенна кабельдерінің ұзындығы 100 м және одан да көп болады. Кабель неғұрлым ұзын болса, сигналдың жоғалуын барынша азайту үшін соғұрлым қалың әрі ауыр, болады. Ұзындығы стандартты кабельдерге қарағанда өте ұзын кабельдер едәуір қымбат тұрады.

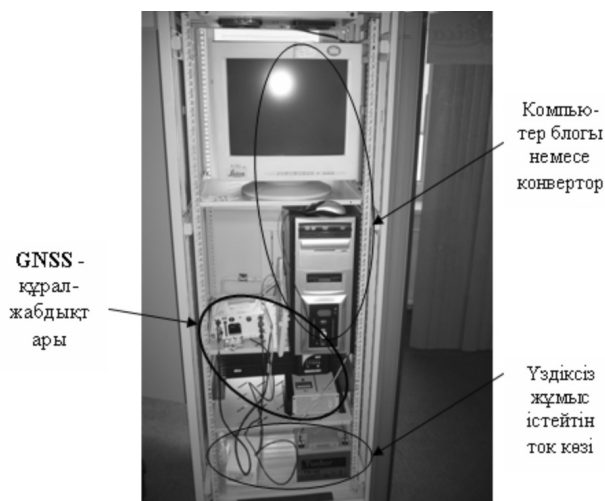
Кабель неғұрлым қысқа болса, соғұрлым жақсы. Ұзындығы 30 метрден асатын кабельдер өте сирек қолданылады.

6.5. GPS базалық станциясына арналған программа және басты компьютер (сервер)

Компьютерде орнатылған базалық станция үшін бағдарламалық камтамасыздандыруды (оны сервер деп атайды) жеке қабылдауышты, жеке базалық станцияны немесе желідегі барлық станциялардағы барлық қабылдауыштарды басқара алады. Жеке станция жағдайында қабылдауыш көбінесе, компьютерге тікелей қосылады. Желі жағдайында сервер, әдетте, басқару орталығында орналастырылады да, қабылдауышпен телефон, жергілікті немесе ғаламдық желі немесе интернет арқылы қосылады (әрбір қабылдауыш үшін компьютер керек емес).

GPS қабылдауыштар базалық станцияларда үнемі жұмыс

істейді. Өңделмеген деректер, әдетте, қабылдауыштарда берілген ұзындықтарға файл түрінде тіркеледі. Бағдарламалық жасақ серверде қабылдауыштарды басқарады және файлдарды жүйелі аралық арқылы автоматты түрде жүктейді. Қабылдауыштар, сондай-ақ деректерді серверге тіркеудің орнына бір мезгілде үздіксіз беріп не тіркейді. Базалық станциялардың программалардың жасауы серверде өңделмеген деректердің толықтығын тексереді, өңделмеген деректерді қысады, оларды RINEX форматына конверсиялайды, RINEX-файлдарды қысады, өңделмеген деректер мен RINEX-файлдарды мұрағаттайды оларды пайдаланушылар үшін деректерге қатынауды қамтамасыз етілген FTP-серверге жібереді. Бағдарламалық жасау, сондай-ақ қабылдауыштардың жағдайы мен функциясын (жұмыс істеуін), деректер сапасын, коммуникация жүйесін, жалпы желінің жұмыс істеуін бақылайды, егер және қашан қажет болса, хабарламалар мен есептерді генерациялайды.



29-сурет. Базалық станция сервері

Жүйе инспекторлары станциялардағы қабылдауыштарды және жалпы желіні толық бақылай алады. Олар, тіпті, қашықтан болса да жүйеге кіріп, желі мен қабылдауыштардың жұмысын тексереді, әртүрлі операцияларды қосады және толықтырады, жұмыс режимі мен параметрін конфигурациясын өзгертіп, қабылдауыштарға бағдарламаларды жүктей алады. Жақсы жобаланған базалық станциялар немесе желі бір-ақ рет орнатылған өте қуатты құрал болып табылады және оларды қолдану оңай келеді.

6.5.1 RTK/DGPS деректерін есептеу

Жылжымалы қабылдауыш пайдаланушыларына станциядан тікелей беру үшін RTK және DGPS деректерін RTCM стандартты форматында немесе өзінің форматында (Leica, CMR,CMR+) бере алатынына қарамастан кейбір ұйымдар деректерді бірыңғай орталықтан алғанды дұрыс санайды.

Егер коммуникация желісі үнемі қолжетімді болса, өңделмеген деректер қабылдауыштан серверге үнемі беріледі. Серверде орындалатын программа RTK/DGPS қажет деректерін үздіксіз RTCM стандартты форматында немесе өзінің форматтарында (Leica,CMR,CMR+) жылжымалы қабылдауыш пайдаланушыларына беру үшін есептейді.

6.5.2 RTK деректерінің сапасын жақсарту үшін түзету параметрлерін есептеу және желіні үнемі талдау

Стандартты жылжымалы қабылдауыштар нақты уақыт режимінде табысты жұмыс істейтін базалық станциядан ең көп қашықтық, әдетте, 30 км деп шектелген (яғни бір мағыналық емеске рұқсат етіледі). Бұл жерде атмосфералық жағдай қолайлы, жылжымалы қабылдауыш базалық станциядан стандартты RTK деректерді қабылдайды деп шамаланады. Базалық станциядан 30 км радиуста жұмыс ауқымына қойылатын бұл шектеу тропосфера мен ионосфера сигналдың бөгелуі, серік орбиталарды әсер ететін базалық станцияға дейінгі қашықтыққа байланысты ерекше қателердің салдары болып табылады.

Базалық станция желісін пайдалана отырып, базалық станция мен пайдаланушы арасындағы қашықтықты назарға алып, бұл қателерді өңдеп, түзетулерді анықтауға болады.

Өңделмеген деректер қабылдауыштан серверге үнемі берілуі керек. Серверде орнатылған бағдарламалық жасау деректердің «жағдайын» үнемі талдайды және қателерді өңдейді (distant dependent errors). Түзету параметрлері үнемі есептелінеді.

Егер жылжымалы қабылдауыш сәйкес алгоритммен жабдықталса, ол түзетулерді қабылдап, ескере алады. Балама нұсқа ретінде түзетулер серверде тікелей есептелуі мүмкін, жылжымалы қабылдауыштар түзетілген ақпараттарды береді. Екі жағдайда да нақты уақытта жұмыс ауқымы артады.

6.5.3. Антенна координатын есептеу

GPS базалық станциялар желісі, әсіресе, жанартау белсенді зоналарда және жарық бойымен жер қыртысының қозғалысының мониторингісі үшін жиі қолданылады. Шағын желілер дамба, көпір, ғимарат, мұнай платформасы, көшкін, мұздықтар, және т.б. сияқты табиғи және жасанды нысандардың тұрақтылығын бақылау үшін қолданылуы мүмкін.

Серверде орнатылған бағдарлама антенна координатын анықтау үшін желідегі базалық тізбек ұзындығын үнемі немесе бірдей уақыт аралығында есептей алады.

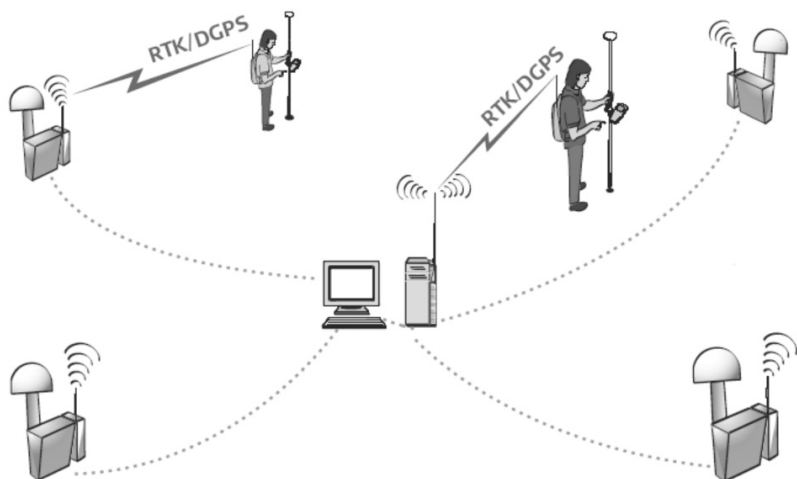
Қосымша мен талаптарға байланысты баяу, ұзақ мерзімді, тез, қысқа мерзімді ығысу немесе тіпті, діріл анықталуы мүмкін.

6.5.4. RTK және DGPS деректер: қабылдағыштардан беріліс

Базалық станцияда қабылдағыштар RTK және DGPS деректерді үздіксіз RTCM V2.1/2.2/2.3/3.0 немесе өзінің Leica, CMR және CMR+ форматтарында шығаруға үйлестірілуі, деректер бір немесе бірнеше форматта және порт арқылы берілуі мүмкін. Радиомодемдер немесе мобильді телефондар қабылдауыштардан тікелей RTK және DGPS деректерді беру үшін қолданылады, интернет те қолданылуы мүмкін.

6.5.5. RTK және DGPS деректер: серверден беру және есептеу

Кейбір ұйымдар тікелей қабылдауыштардан емес, бірыңғай басқару орталығынан RTK және DGPS деректерді қабылдағанды дұрыс санайды. Бұл пайдаланушылар қатынауын жақсы басқаруға мүмкіндік беріп, қажет болса, деректерді жинақтауға әсер етеді. Егер коммуникация желісі үнемі қолжетімді болса, өңделмеген деректер қабылдауыштардан серверге үнемі берілуі мүмкін. Серверде орындалатын бағдарлама қажет болса, RTK/DGPS деректерді үздіксіз RTCM V2.1/2.2/2.3/3.0 стандартты форматында немесе өзінің Leica, CMR және CMR+ форматтарында істейді. Деректер қажет (талап етілген) форматта шығарылады (қорытылады) да, жылжымалы қабылдауыш пайдаланушыларына беріледі. Радиомодемдер, мобильді телефондар мен тіпті, интернет RTK/DGPS деректерді беру үшін қолданылуы мүмкін.



30-сурет

6.5.6. RTK-да жұмысты жақсарту үшін желінің түзету параметрлерін есептеу және үнемі желіні талдау

Базалық станциядан стандартты RTK деректерді қабылдап, жылжымалы қабылдауыш қолайлы жағдайда базалық станциядан 30 км қашықтықта, нақты уақытта табысты жұмыс істей алады (яғни, бір мағыналылық емеске рұқсат етіледі). Нақты уақытта жұмыс істеу үшін жағдайы жақсы кейбір өңірлерде, кейде әсер ету радиусы 40 км-ге дейін және одан да көпке ұлғаюы мүмкін.

Басқа аймақтарда, әсіресе, талтүсте және ионосфералық белсенділік жоғары кезеңде базалық станциядан жұмыс істеп тұрған жылжымалы қабылдауышқа дейінгі ең көп қашықтық едәуір қысқаруы мүмкін. Нақты уақытта орныққан орын дәлдігі, әдетте, орташа квадратты қате: $10 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$ ретінде есептеледі. Демек, координатты анықтау дәлдігі мынандай болуы мүмкін:

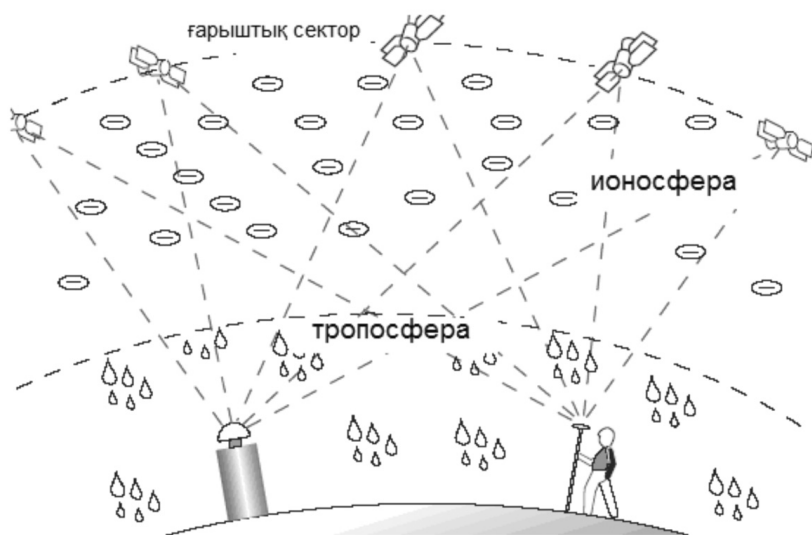
1 км-ге: $10 \text{ мм} + 1 \text{ мм} = 11 \text{ мм}$;

10 км-ге: $10 \text{ мм} + 10 \text{ мм} = 20 \text{ мм}$;

30 км-ге: $10 \text{ мм} + 30 \text{ мм} = 40 \text{ мм}$.

Егер өлшеу қолайлы атмосфералық жағдайда нақты уақыт аралығында орындалған болса, есептеу формуласындағы екінші құрамбөлік (компонент) (ppm) болмай, дәлдік базалық станцияның қашық орналасуына байланысты болмайтын еді. Өкінішке орай

қолайлы жағдай болмайды, сонымен қатар атмосфера жағдайы үнемі өзгеріп отырады. Әртүрлі себептер, әсіресе серік орбиталары мен сигналдың ионосфералық және тропосфералық бөгелісіне жататын себептер қашықтыққа байланысты (дәлдік формуласындағы екінші қосылғыш) қателерге апарып соғады және жылжымалы қабылдауыш бір мағыналық еместі алатын базалық станциядан қашықтықты азайтады. Бұдан желідегі бұл қателіктерді сенімділіктің жоғары дәрежесімен өңдеп, есептеп, сәйкес түзетулер енгізсе, онда нақты уақытта жұмыс дәлдігі мен базалық станцияның әрекет ету радиусы артуы мүмкін екені шығады..



31-сурет

6.5.7. RTK-да жұмысты жақсарту үшін желі түзетулерінің параметрлерін есептеу және тұрақты желі талдауы

Өңделмеген деректер базалық станциялар желісінің қабылдауыштарынан серверге байланысты үнемі әрекеттегі арнасы бойынша үздіксіз беріледі.

Базалық станцияның бағдарламалық жасауының ерекше құрам бөлігі желі ішіндегі қоршаған орта жағдайын талдау үшін түсетін деректерді үздіксіз өңдейді. Содан кейін қашықтыққа байланысты қателерді өңдеу орындалады да, желінің түзетуші параметрлері

(түзетулер) есептеледі. Бүкіл процесс үздіксіз және автоматты режимде орындалады.

Нақты уақыт режимінде жұмысты жақсарту үшін желі талдауының нәтижелері мен түзетулерді пайдалануының екі әдісі бар.

RTCM V3.0 форматындағы желі деректер мен түзетулер осы деректерді пайдаланатын жылжымалы қабылдауышқа берілуі мүмкін.

Түзетулер сервердегі деректерге енгізіледі де, сервер жылжымалы қабылдауыштар үшін «түзетілген» деректерді таратады. Егер желіде базалық станциялардың өте көп мөлшері болса, оны (желі бөлігі) бөліктерге бөлуге болатынына назар аударыңыз.

6.5.8. RTCM V3.0 форматындағы желі деректері мен түзетулер

Сервердегі бағдарламалық жасау желі үшін RTCM V3.0 форматындағы талап етілген деректерді жасайды.

Осы деректерді пайдалану мүмкіндігі болу үшін жылжымалы қабылдауыш RTCM V3.0 стандартында жұмыс істеу үшін үйлесімді құрылғы болу керек.

Желінің әрекет ету зонасында жұмыс істейтін жылжымалы қабылдауыштар түзетулері бар деректерді алады. Бұл деректерде барлық желі үшін, яғни желідегі барлық базалық станция үшін талап етілетін ақпарат болады. Нақты жылжымалы қабылдауыш пайдаланатын алгоритмге байланысты ол енді бір базалық станцияның (мүмкін жақындағы) базалық тізбегін немесе бірнеше станцияның базалық тізбегін өңдей алады және өзінің координаттарын есептейді. RTCV V3.0 деректерінде бүкіл желі (бүкіл станция) үшін ақпарат болатындықтан, желі әрекет ететін зонада жұмыс істейтін жылжымалы қабылдауыштар бір ақпаратты қабылдауы мүмкін. Осылай сервер деректердің бірыңғай ағынын қорытып шығаруы керек.

Егер желіде өте көп базалық станциялар болса, оны бөліктерге (желі бөлігі) бөлуге болады.

Жылжымалы қабылдауышқа деректерді беру үшін байланыстың радио жиілікті арналары, телефон арналары немесе Интернет қолданылуы мүмкін. Тек біржақты байланыс, яғни серверден тез әрекет жасайтын қабылдауышқа байланыс болуы керек. Егер радиожилікті арналар пайдаланылса, желі әрекет ететін барлық зонаны қамтуды қамтамасыз ету үшін сигнал ретрансляторы қажет

болуы мүмкін. Егер телефон арналары қолданылса, жылжымалы барлық қабылдауыштар деректер алу үшін бір нөмір бойынша желіге қосылуға тиіс. Сәйкес маршруттауыш көптеген пайдаланушылардың бір мезгілде қосылу мүмкіндігіне кепіл болу үшін керек.

Егер Интернет қолданылса барлық жылжымалы қабылдауыштар бір IP-адреске қатынау қажет. Серверде көптеген пайдаланушылардың бір мезгілде қатынауын қамтамасыз ету үшін мультиплексті программа жұмыс істеуі тиіс.

Сервердегі программа желі үшін түзетулерді есептейді (6.5.7-бөлімін қараңыз). Сипатталған әдісті пайдалану кезінде түзетулер жылжымалы қабылдауыштағы емес, сервердегі деректерге енгізіледі.

Талап етілген деректерді алу үшін жылжымалы қабылдауыш өзінің координатын серверге NMEA хабарлама түрінде беруі тиіс. Қабылдауыш координатын пайдалана отырып, сервердің бағдарламалық жасауы осы қабылдауышқа қандай базалық станцияның ең жақын екенін анықтайды.

Программа содан кейін осы базалық станциядан деректерге түзетулер енгізеді, осылай базалық станциямен жылжымалы қабылдауыш арасындағы есептелген базалық тізбек мәні қашықтыққа байланысты кателердің әсеріне ұшырамайды.

RTCM V2.3/3.0 және Leica форматтарындағы түзетілген деректер содан кейін жылжымалы қабылдауышқа берілуі мүмкін. Жылжымалы қабылдауыш деректерді қабылдап, базалық станциядан базалық тізбекті және мәндердің бірдей болмауын өңдеп, өз координатын есептейді.

Жылжымалы қабылдауыш алған деректер түзетілгендіктен, дәлдігі жоғары және базалық станциядан қашықтығы RTK стандартты әдіс кезіндегіге қарағанда көп болады.

Түзетілген деректер RTCM V2.3 және Leica форматтарында беріле алатындықтан, жылжымалы қабылдауыш RTCM V3.0 форматымен үйлеспеуі керек.

Жылжымалы қабылдауыш алдымен, өз координатын серверге жіберетіндіктен, сервер-қабылдауыштың екі жақты байланысы қамтамасыз етілуі тиіс. Сондықтан радио арналары емес, байланыстың телефон және Интернет-арналары қолданылады. Жылжымалы қабылдауышқа берілетін түзетілген деректер оның координатына байланысты болады да, желі әрекет ететін зонада жұмыс істейтін барлық қабылдауыштар әртүрлі деректерді алады.

Егер байланыстың телефон арнасы пайдаланылса, барлық жылжымалы қабылдауыштарды түзетілген деректерді алу үшін бір нөмірге қосады. Бағдарламалық жасау әрбір қабылдауыштың өзіне қажет деректерді алуына кепіл болады. Көп пайдаланушының қатынауын қамтамасыз ететін телефон қатынауының сәйкес маршруттауышын қолдану керек.

6.5.8-бөлімінде сипатталған әдістердің біріншісін пайдаланған кезде жылжымалы қабылдауыш деректерді алу үшін RTCM V3.0 форматымен үйлесуі керек. Коммуникация үшін радиоарналар, телефон байланысы немесе интернет қолданылады. Сервердегі бағдарламалық жасау бірінші әдістегіге қарағанда едәуір күрделі болуы тиіс.

6.6. RTK режимінде жұмысты жетілдіру

Жоғарыда сипатталған екі әдісте нәтижелердің дәлдігі мен сенімділігін жоғарылатады, сондай-ақ нақты уақыт режимінде жылжымалы қабылдауыштардың әрекет ету радиусын (ауқымын) арттырады. Дәлдік қашықтыққа, яғни RPrn компонентіне байланысты қателердің едәуір азаюы есебінен жоғарылайды. Сонымен нақты уақыт режимінде орналасқан орын (позиционирования) дәлдігі негізгі станциядан әртүрлі қашықтықта едәуір тұрақты болады.

RTK режимінде орналасқан орын сенімділігі, әсіресе күрделі ионосфералық жағдайда және негізгі станциядан алыс қашықтықтан жоғары болады (бір мағыналылық еместі шешу). Бекітілген шешімді алуға қажет уақыт, әсіресе, күрделі ионосфералық жағдайда және негізгі станциядан алыс қашықтықта қысқарады. Жүйе әрекетінің радиусы (таралу аймағы) артады.

Негізгі станциядан жылжымалы қабылдауышқа дейінгі ең көп қашықтық артатындықтан желі едәуір сиретіледі. Негізгі станцияның азырақ саны желі әрекетінің аймағын жабу (покрытия) үшін қажет.

Негізгі станциялар барлық аймақ бойынша біркелкі таралатындықтан, бағдарламалық жасау желі әрекетінің шегінде орта жағдайын тиімді талдап, сәйкес түзетулерді есептей алатынын айта кеткен жөн.

6.6.1. Желідегі станциялар арасындағы базалық тізбектерді өңдеу

Желідігі базалық станциялар арасындағы базалық тізбектер нақты уақытта немесе өңдеуден кейін есептелуі мүмкін.

Нақты уақытта жұмыс істеу үшін өңделмеген деректер базалық станция үшін арнайы бағдарламалық жасау орнатылған серверге қабылдауыштан үздіксіз берілуі керек. Бағдарлама нақты уақыт режимінде базалық станциялар арасындағы базалық тізбектерді деректер түскен сайын есептейді.

Есептеу процесінде RTK қабылдауышында нақты уақытта жұмыс істеу кезінде орындалатындай бір мағыналылық емеске рұқсат етіледі. Өңделетін базалық тізбек ұзындығы мен күтілетін дәлдік RTK қабылдауышындағы сияқты болады.

Өңдеуден кейінгі жұмыс кезінде деректер файлдары қабылдауыштарға тіркеледі де, жүйелі аралықта жүктеледі.

Базалық станцияның бағдарламалық жасауы файлдарды файлдар түскен сайын базалық тізбектерді автоматты түрде өңдеу үшін конфигурацияланатын өңдеуден кейінгі бағдарламаға береді. Деректер жеткілікті мөлшері, яғни бақылаудың жеткілікті ұзақ мерзімі кезінде өңдеуден кейінгі бағдарлама кез келген ұзындықтағы базалық тізбектерді табысты есептеп, нақты уақытта өңдеу кезіндегіге қарағанда, едәуір жоғары дәлдікке жетеді.

Алынған координаттар одан кейінгі талдау үшін шығарылуы мүмкін.

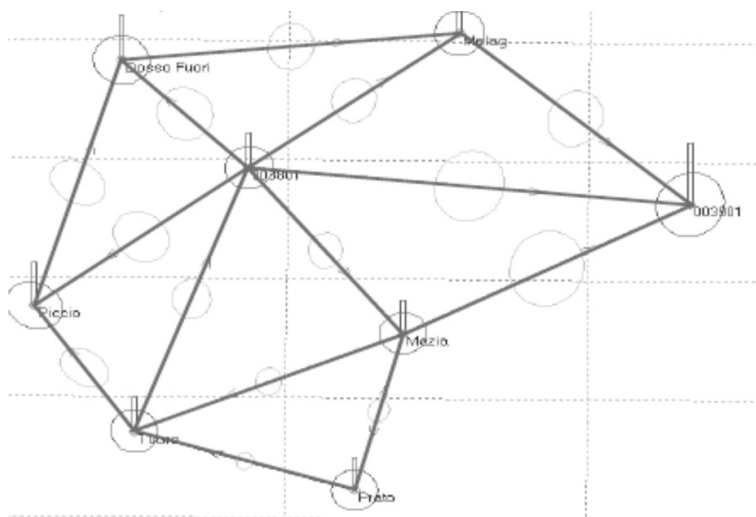
6.6.2. Антенна координатын тексеру

Антенна тұрақты жағдайда қауіпсіз орынға орнатылатындықтан, теориялық тұрғыда жылжымауы (ығыспауы) керек, базалық станциялар үшін жауапты кейбір ұйымдар антенна орнының тұрақтылығын жүйелі тексеруді жөн санайды.

Антенна координаты өңдеуден кейін де, нақты уақыттағы сияқты анықталуы мүмкін.

Әдетте, мерзімді бақылау жүргізу талап етілетіндіктен, базалық тізбектерді күніне бір рет немесе аптасына не айына бір рет өңдеу жеткілікті.

Қолданылатын бағдарламалық жасауға байланысты бақылау берілген уақыт аралығымен автоматты түрде орындалуы мүмкін.



32-сурет. Антенна орнының тұрақтылығын жүйелі тексеру

6.6.3. Жер қыртысының, табиғи немесе жасанды нысандардың ығысуын бақылау

Базалық станция желісі жер сілкінісі зонасында, басты жарық бойымен және жанартау белсенділігі жоғары аймақтарда тектоникалық платформалардың (тақта) ығысуын өлшеу үшін едәуір тиімді әдісті қамтамасыз етеді.

Қысқа базалық тізбектері бар кішкентай желілер дамба, көпір, ғимарат, мұнай платформалары және т.б. сияқты жасанды құрлыстардың ығысуының мониторингі үшін өте жақсы қолайлы келеді. Егер тез, қысқа мерзімді ығысуды немесе тіпті, дірілді бақылау қажет болса, нақты уақытта өңдеу қолданылады. Нақты уақытта өңдеу кезінде нүктелердің координаты үнемі беріледі. Координат өзгергенде ығысу анықталуы және талдануы мүмкін. Нақты уақытта өңдеу кезінде байланыстың үнемі әрекеттегі арналары бойынша үздіксіз берілетін өңделмеген деректер қолданылады. Мұндай арналарды пайдалануға төленетін шығындар өте жоғары болуы мүмкін.

Өңдеуден кейінгі кезде қабылдауышта тіркелетін деректер файлдары қолданылады және байланыстың коммутацияланатын арналары бойынша беріледі. Файлдарды жүктеуді орындау қажет болғанда, байланыс арналарына қатынау ашылады. Мұндай коммуникация

арзан болады. Егер мониторинг жүргізілетін ығысу салыстырмалы түрде бояу екені белгілі болса, онда өңдеу, кейінгі шараларды қолдану экономикалық тұрғыда тиімді.

Ұзақтығы сәйкес деректер файлын қолдана отырып, базалық тізбектер берілген уақыт аралығында, мысалы, әрбір 12 сағат, 24 сағат немесе 7 күн сайын өңделуі, егер қажет болса, нәтижелер ең аз квадрат әдісі бойынша автоматты түрде теңестіру үшін теңестіру бағдарламасына берілуі мүмкін.

Егер станциялар арасындағы базалық тізбектер өте ұзын болса, өңдеуден кейін қолайлы келеді. Үлкен алаңды жабатын, станциялар арасындағы қашықтық көп желі тектоникалық платформалардың ығысуының мониторингісі үшін өте жиі қолданылады.

6.7. WGS-84 жүйесіндегі базалық станциялардың координатын анықтау

Базалық тізбектерді өңдеу GPS бақылау әдісіне тәуелсіз (өңдеуден кейінгі немесе нақты уақытты белгілі базалық станциямен жылжымалы қабылдаушының белгісіз орны арасындағы базалық тізбекті есептеу міндетін шешеді. Базалық тізбекті есептеу әрқашан WGS-84 координат жүйесінде орындалады.

Осылай WGS-84 жүйесіндегі жылжымалы қабылдаушы координаттары базалық станцияның координатына қатысты WGS-84 жүйесінде анықталады. Кез келген түрлендіргіш (трансформация) координаттың жергілікті жүйесіне кешірек орындалады. Базалық тізбекті табысты өңдеу үшін WGS-84 жүйесіндегі базалық станция координаты жеткілікті түрде, ең аз дегенде ± 10 м шамасында дәл болуы тиіс. Базалық станция мақсаты жылжымалы қабылдаушы координатын анықтау үшін негіз болатындықтан WGS-84 жүйесіндегі базалық станциялардың дәл координаттары қажет. 300-ден көп базалық станциядан тұратын IGS (GPS Халықаралық қызметі) дүниежүзілік желісі бар. Осы станциялардың координаттары ITRF жүйесінде беріледі. Станциялардың бұл координаттары WGS-84 жүйесінде ең жоғары дәл координаттар болып табылады. Көптеген елдерде базалық GPS станциялардың ұлттық желісі қалыптасқан. Мұндай желілер көптеген елдерде IGS желісіне қосылады, сонда станциялар WGS-84 жүйесінде дәл координаттар алады.

Жаңа жеке базалық станция немесе базалық станциялардың жаңа желісін жасау кезінде жаңа станцияны немесе желіні ұлттық желіге байланыстырған қолайлы. Базалық станциялардың ұлттық желісінің станцияларынан деректер алу тәртібі және ұлттық желі туралы ақпарат алу үшін ұлттық геодезиялық қызметпен байланысқан жөн.

Егер ұлттық желі болмаса, жаңа станцияны немесе желіні IGS желісіне қосу ең жақсы нұсқа болып табылады.

WGS-84 жүйесінде жаңа жеке станция немесе жаңа желінің бастапқы станциясының координатын анықтау үшін:

- жаңа желінің бір станциясын бастапқы станция ретінде таңдаңыз;

- сол станцияға деректерді ең аз дегенде, 24 сағат бойы, мүмкін болса, 7 тәулікке дейін (1 минут аралық жеткілікті) жинаңыз;

- деректерді RINEX форматында жақын IGS станциясын немесе ұлттық желінің жақын станциясынан жүктеңіз;

- 24 сағат ішіндегі бақылау деректерін пайдалана отырып, IGS станциясынан (немесе ұлттық желі станциялары) жаңа желінің бастапқы станциясына дейінгі базалық тізбектерді өңдеңіз. Егер деректер бірнеше тәулік бойы жиналса, әрбір тәулік үшін базалық тізбектерді жеке өндеп, орташа мәнді есептеңіз:

- егер осындай мүмкіндік болса, онда базалық тізбекті IGS немесе ұлттық желінің басқа станцияларынан өңдеңіз. Алынған нәтижелерді орташалаңдар. Мұндай шара жаңа базалық станцияны WGS 84 жүйесіндегі өте дәл координатпен қамтамасыз етеді және осы станцияны IGS желісімен немесе ұлттық желімен байланыстырады.

WGS-84 жүйесіндегі жаңа желі станцияларының координаты анық дәл болуы керек, яғни жаңа желі станцияларының өзара орнының салыстырмалы қателігі өте аз болуы тиіс. Мұндай нәтижеге жету үшін едәуір қарапайым әдіс мынандай:

- жаңа желінің барлық станцияларында аз дегенде, 24 сағат бойы, мүмкін болса бірнеше тәулік (1мин сайын) бойы деректерді тіркеңдер;

- WGS-84 жүйесіндегі бастапқы станция координаттарын пайдаланып, желідегі барлық базалық тізбектерді 24 сағаттағы деректер бойынша өңдеңдер. Теңестіру үшін программаны пайдаланып нәтижелерді теңестіруді орындандар.

6.7.1. Базалық станцияларды орналастыру

Базалық станция желісін жасаудың мақсаты табиғи нысандар мен жасанды құрылыс (тектоникалық жарық бойы, жанартаулар, дамбалар, көпірлер және тағы басқалар) мониторингісі болса, базалық станциялардың орналасуы едәуір дәрежеде күтілетін ығысу және мониторинг нысанының құрылымымен анықталады.

Егер желі геодезиялық және топографиялық жұмысты қамтамасыз ету үшін тіректік геодезиялық желі ретінде жасалса, базалық станциялар қандай орында, бір-бірінен қандай қашықтықта орналасатынын ойластыру өте маңызды. Мына жайларды назарға алу керек:

- қамту зонасының шамасын;
- экономикалық тұрғыда өңірдің дамуы және оның халқының тығыздығын;
- желі пайдаланушылары қандай деректермен қамтамасыз етілу керек.

Бұл өңдеуден кейінгі әдістеме бойынша жұмыс істеу үшін тек RINEX деректер, сондай-ақ бұл RTK немесе DGPS жұмыс істеуге арналған деректер болуы мүмкін.

GPS базалық станциялары керек жерге және көп пайдаланушыларды деректермен қамтамасыз ете алатын жерге орнатылуы керек. Көптеген пайдаланушылар нақты уақыт режимінде жұмыс істейді, базалық станциялардың көп саны үлкен мегополистерде орнатылып, кіші аймақтарда сирек орнатылады.

Жылжымалы қабылдауыштар нақты уақыт режимінде табысты жұмыс істей алатын әрекет аймағын (яғни нақты уақытта бір мағыналылық еместі шешу), жобалынатын базалық станциялар арасындағы қашықтықты анықтаған кезде назарға алу керек. Талаптарға байланысты нақты уақыт режимінде стандартты RTK деректер берілетін жерде немесе базалық станцияның бағдарламалық жасауы түзетулер беретін жерде жұмыс істейді.

Орасан кең игерілмеген жер көлемі бар ірі елдерде немесе жылжымалы қабылдауыштардың аз мөлшері жұмыс істейтін жерде, әдетте, RTK да жұмыс істеу үшін толық қамтуға ұмтылу экономикалық тұрғыда тиімсіз және орынсыз.

Базалық станцияларды негізгі елді мекендерде немесе ірі өңірлік жобалар жүзеге асырылатын зоналарда орнатқан едәуір дұрыс. Пайдаланушылар саны көп болған кезде базалық станциялар RTK деректерді беріп, 20-30 км радиуста қамту аймағын қамтамасыз

етеді. Базалық станциядан үлкен қашықтықта жұмыс істейтін геодезистер уақытша базалық станция орнатып, жеткілікті уақыт мезгілінде деректерді тіркеп, базалық станциядан RINEX файлдарды жүктеп, өңдеуден кейін дәл координаттарды алады. Уақытша базалық станциялар, содан кейін RTK деректерді беруді және жұмыс аймағын қамтуды қамтамасыз етеді.

Бірнеше сағатта жиналған деректерді пайдаланып, өңдеуден кейінгі шамалар базалық тізбек ұзындығы 100, 200, 300 км немесе одан көп болған кезде жақсы нәтижелермен (5 мм+0,5 ppm немесе одан да жақсы) қамтамасыз ете алады. Осылай, егер қажет болса, өте үлкен және дамымаған аумақ үшін базалық станциялар арасындағы қашықтық жүздеген километрге жетуі мүмкін.

6.7.2. Жеке базалық станциялар немесе базалық станциялар желісінің кейбір мысалдары

Алдыңғы бөлімдерден базалық станциялар және базалық станциялар желісі әртүрлі қолданбалы және күрделілігі әртүрлі деңгейдегі міндеттерді шешу үшін орнатылуы және әртүрлі әдіспен басталуы мүмкін екені белгілі. Нақты шешімдер нақты талаптарға, қамту аймағының мөлшеріне, көрсетілетін қызмет түріне және қарастырылған бюджетке өте қатты байланысты (тәуелді).

Төменде келтірілген мысалдарды мүмкін болатын шешімдер бойынша жалпы басшылық және кеңес ретінде қарастыруға болады. Оларды толық және жеткілікті ұсыным деп есептеуге болмайды.

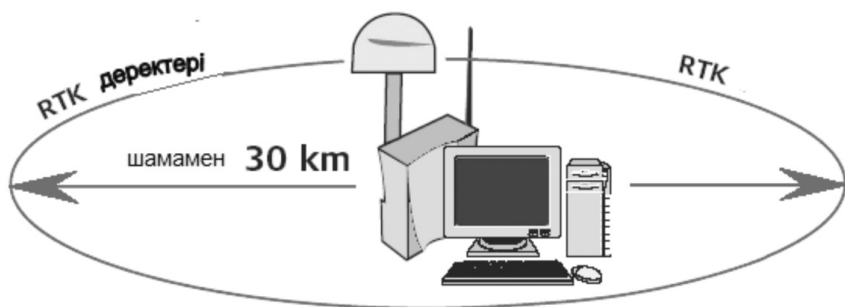
6.7.3. Карьер, құрылыс алаңы немесе пайдаланушылардың аздаған жергілікті тобы сияқты кішкентай аумақ үшін жеке базалық станция

Құрылыс алаңында немесе карьерде геодезиялық жұмыстар, әдетте, RTK режимінде орындалады. Сондықтан қабылдауыштан тікелей радиоарналар бойынша RTK деректерді беретін жеке базалық станция болғаны дұрыс.

Көп жағдайда қабылдауышты басқару, қабылданған деректерді жүктеу және архивтеу үшін компьютерде жұмыс істейтін базалық станцияларға бағдарламалық жасау болғаны дұрыс.

Жеке базалық станция пайдаланушылардың шағын қауымдастығы үшін өте қолайлы шешім болуы мүмкін. RTK/DGPS деректерді беру үшін радио арналары немесе телефон байланысының арналары қолданылады. Бірнеше пайдаланушыға бір мезгілде қатынауды қамтамасыз ету үшін маршруттаушы немесе модем блогы керек. Базалық станцияларға арналған бағдарламалық жасау қабылдаушыты басқарады, қабылданған деректерді жүктейді және архивтейді. Деректер көптеген пайдаланушыларға бір мезгілде Интернет арқылы берілуі мүмкін.

Жоғары дәлдік талап етілетін құрылыс алаңдарындағы жұмыс үшін, мысалы, көпір салу кезінде жылжымалы қабылдауыштар RTK режимінде маңызды нүктелердің координатын екі рет тәуелсіз алу үшін екінші дербес базалық станцияны орнатқан дұрыс. Бір сервер екі станция қабылдауыштарының жұмысын басқара алады. Нәтижесінде мұндай шешім екі базалық станциядан тұратын желіге өзгере алады.



33-сурет. RTK/DGPS деректерін беру

6.7.4. Салыстырмалы түрде шағын дамымаған аумақ үшін қамтуды қамтамасыз ететін бірнеше станциядан тұратын қарапайым желі

Халық тығыздығы жоғары (мысалы, мегаполисте) дамыған өңірлерде көптеген геодезиялық жұмыстар GPS пайдаланылып нақты уақыт режимінде орындалады. Сондықтан базалық станцияға қойылатын негізгі талаптар толық қамтуды қамтамысыз ету болып табылады.

Мысал ретінде RTK және DGPS деректер шамамен 60x60 км аумаққа таралуы керек. Арақашықтығы шамамен 30 км болатын 4

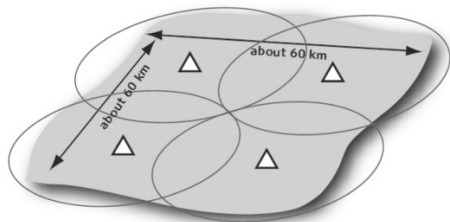
немесе 5 базалық станция орнатқан салыстырмалы түрде қарапайым шешім болады. Мұндай сызбанұсқа жұмыстың аймағы үшін жақсы қамтуды қамтамасыз етеді. Базалық станциялар коммутацияланатын телефон тізбегі бойынша орталық сервермен қосылады. Сервердің бағдарламалық жасауы қабылдауыштарды басқарады, деректер файлын жүктейді және FTP-серверге файлдарды RINEX форматында береді.

RTK және DGPS деректер байланыстық телефон арнасы немесе радиоарна бойынша қабылдауыштан тікелей берілуі мүмкін. Станцияда радиомодемдер әртүрлі арналарға (жиілікке) бапталуы мүмкін.

Әрбір станцияда бірнеше пайдаланушы бір мезгілде деректерді қарауы үшін маршруттаушы немесе модем блогы орнатылуы керек.

Мұндай желі салыстырмалы түрде қарапайым, оңай орнатылады. Ағымдағы шығындар егер байланыстың үнемі әрекеттегі арналары қарастырылмаса, төмен болады.

RTK жабуды қамтамасыз ету талап етілетін аймақ салыстырмалы түрде ірі болса, екі әдіс бар: а) *6.7.3-бөлімде*



сипатталғандай, бірақ станция мөлшері көп. Алайда бұл жағдайда қосымша жабдық және инфрақұрылымның дамуы есебінен жоба құны артады. RTK және DGPS деректі шамамен, 200x200 км аумақта таралады дейік.

34-сурет. RTK және DGPS деректерінің шамамен 60x60км аумаққа таралуы

Бір-бірінен 70 км қашықтықта 9 станция орнатылды. Жылжымалы қабылдауыштар, әдетте, кез келген базалық станциядан 35 км-ден кем емес қашықтықта болады, ал рұқсат етілетін ең көп қашықтық 50 км-ден көп болуы да мүмкін. Желіні үнемі талдау және түзетулерді есептеу үшін өңделмеген деректер базалық станциядағы қабылдағыштан орталық серверге үздіксіз жіберіліп отырылады. Бұл жағдайда байланыс каналдарының тұрақты жұмыс істеуі қажет.

Базалық станциялар арасындағы қашықтықты арттырып, желіні үнемі талдау және түзетулерді есептеу үшін арнайы бағдарламалық қамтамасыз етіледі. Бұл әрбір базалық станциялардың жұмыс істеуіне мүмкіндік береді.

Төменде берілген мысал: ә) нұсқасын пайдалануға негізделген,

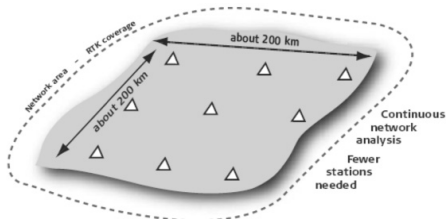
базалық станциялардағы қабылдауыштардан орталық серверге беріледі. Бұл жағдайда байланыстың үнемі ашық арналары қажет. Бағасы тұрғысынан едәуір тиімді шешім-Интернет арқылы байланыс.

Сервердің бағдарламалық жасауы қабылдауыштарды басқарады, деректер файлын жүктейді және файлдарды RINEX форматында FTP-серверге береді.

Нақты уақытта жылжымалы қабылдауыштар табысты жұмыс істей алатын әрекет аймағын арттыру үшін, программалық қамту:

- түзетулерді RTCM V3.0 форматында беруі керек. Деректерді тарату радиоарна, телефон немесе Интернет арқылы орындалуы тиіс.

- түзетулерді деректерге тікелей серверге еңгізуді және түзетілген RTK деректерді таратуы керек. Деректердің таралуын орталық сервер толық бақылайтындықтан, егер қажет болса, деректерді пайдаланғаны үшін төлеу жүйесін ұйымдастыру мүмкіндігі ашылады.



35-сурет. RTK және DGPS деректерін шамамен 200x200 км аумақта тарату

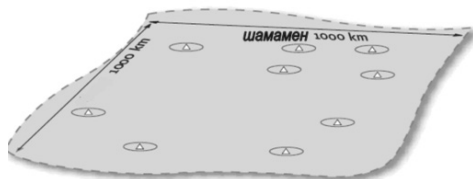
6.7.5. Экономикалық тұрғыда нашар дамыған өте үлкен өңірді RINEX деректермен қамтуды қамтамасыз ететін станциялардың саны бар желі және RTK/DGPS деректермен шектелуін қамту

Жер шарының кейбір бөліктеріне халық сирек қоныстанған және экономикалық тұрғыда нашар дамыған. Мұндай өңірлерде нақты уақыт режимінде жұмыс істейтін GPS жабдықтарды пайдаланушылар өте аз болғандықтан, мұндай аумақты RTK деректермен толық қамтуды жүзеге асыруға тырысу экономикалық тұрғыда тиімсіз. Бір-бірінен үлкен қашықтықта орналасқан бірнеше базалық станциялар болса, жеткілікті.

Мысал ретінде бірнеше елді мекен орналасқан 1000x1000 км аумақта тіректік геодезиялық желі құру керек дейік.

Әрбір маңызды елді мекенде базалық станция орнатқан дұрыс шешім болып табылады. Егер қажет болса, бұл станциялар радио немесе телефон арналары бойынша станция орналасқан орыннан шамамен 30 км радиуста RTK/DGPS деректерді береді.

Базалық станциялар арасындағы қашықтық өте үлкен (мүмкін жүздеген километр) болатындықтан, өңірдің үлкен бөлігінде RTK қамту (покрытия) болмайды.



36-сурет. Елді мекен орналасқан 1000х1000 км аумақта тіректік геодезиялық желі құру

Егер қажет болса, базалық станциялар және базалық станция рөлін атқара алады.

Ең жақсы шешім – коммунитацияланатын қабылдауыштарды орталық серверге қосуды қамтамасыз ету. Сервердің бағдарламалық жасауы қабылдауыштарды

басқарады, деректер файлын жүктейді және RINEX файлдарын FTP-серверге береді.

Алыстағы өңірде жұмыс істейтін геодезистер бригадасы уақытша базалық станциялар орнатып, жеткілікті уақыт мерзімінде (мүмкін бірнеше сағат ішінде) деректерді жинап, RINEX файлдарды бір немесе бірнеше базалық станциялардан жүктеп, осы станциялардан базалық тізбектерді өңдеуден кейінгі шараларды орындай алады.

Мұндай технологиялық сызбанұсқа уақытша станция координатын сантиметрлік дәлдікпен алуға мүмкіндік береді. Уақытша станция содан кейін жұмысты орындау үшін бастапқы нүкте болады.

Кейбір елдерде экономикасы жоғары дамыған, халық тығыз қоныстанған, бір-бірінен зор шөл даламен бөлінген бір немесе бірнеше орталық болады. Мұндай елдерде индустриялық (өнеркәсіпті) аймақ үшін толық RTK қамтуды қамтамасыз ету маңызды, ал шөл аймаққа қажет емес.

Пайдаланушыларды RINEX деректермен қамтамасыз ететін базалық станциялардың сиретілген желісі шөл аумақ үшін негізделген шешім болып табылады.

Ірі қалаларға жақын өнеркәсібі дамыған өңірлер үшін толық RTK деректермен қамтитын базалық станциялардың желісі жиі талап етіледі.

Мұндай құрамдастырылған желіні бірыңғай сервер басқарады.

Кей жағдайда, алайда, екі сервер болғаны қолайлы. Біреуі жиі, екіншісі сиретілген желі үшін қажет. Әрине, жиі желі (немесе желілер) сиретілген желі бөлігі болып, онымен байланысуы керек

Бақылау сұрақтары:

1. Жерсеріктік өлшеуді жобалау ерекшелігін айтыңыз.
2. Жерсеріктік өлшеуді ұйымдастыру ерекшелігін айтыңыз.
3. Қаблдағышпен сервер арасындағы ең тиімді коммуникация тәсілі қандай ?
4. RTK/DGPS деректерін тарататын тиімді тәсіл қандай ?
5. RTK/DGPS деректерін тарататын тиімді байланыс тәсілі қандай?
6. Байланыспен қамтитын аумақ қанша?
7. Станцияларды орнататын жерлерді атаңыз?
8. Станциялардың өзара арақашықтығы қанша?
9. Жобаланатын тораптар немесе станция қандай тұтынушыларға арналған?
10. Тұтынушылардың болжам саны қанша?
11. RINEX файлдары не үшін қажет?
12. WGS-84 жүйесі деген не?
13. Базалық станциялар не үшін қажет?
14. Жұмыс режиміне кіру деген не?
15. Жұмыс режимінің өлшеу жүрісін бақылауды қалай түсінесіз?
16. IGS дегенді қалай түсінесіз?
17. EUREF дегенді қалай түсінесіз?
18. Дифференциалдық өңдеуді қалай түсінесіз?

7-БӨЛІМ. АРНАЙЫ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТАПСЫРМАЛАРДЫ ШЕШУДЕ ЖЕРСЕРІКТІК ӨЛШЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

Дәстүрлі геодезиялық тәсіл (тірек нүктелерінің координаталарын анықтау үшін) астрономиялық бақылаудан тек қана бірнеше нүктелердің координаталарын табудан тұрады, олар бастапқы тірек нүктелерімен геометриялық фигуралардың бұрыштары мен қабырғаларын өлшеу арқылы байланысады, олардың сүйір ұшы тірек нүктелері болып табылады. Тірек жүйелерін осындай сызбанұсқамен құру қателіктердің жиналуын шектейді, өлшемдерді сенімді бақылап отыруды қамтамасыз етеді және әртүрлі учаскелерде геодезиялық жұмыстарды бір-біріне тәуелсіз, олардың бірігуін белгіленген шектер шамасында қамтамасыз ете отырып, жүргізуге мүмкіндік береді [10].

Бүгінгі таңда нүктелердің координаталарын анықтауда GPS (Global Position System) өлшеулер барынша дәл, жылдам және ең қолайлы тәсіл болып табылады. GPS көмегімен орындалған геодезиялық өлшеулер дәлдігімен, әмбебаптығымен, жылдамдығымен және үнемділігімен, тиімділігімен кеңінен тарайды. Тек қана осы әдісте нүктенің географиялық координаталары жердің жасанды навигациялық жерсеріктері мен GPS қабылдағыштар көмегімен анықталады. Әскери күштер қызмет мақсатында жасалған бұл технологияларды алғашында тек әскерилер ғана қолдана алса, қазір бұл мәліметтерді көптеген азаматтық мақсаттарда қолдануға болады.

Бұл жұмыстардың орындау әдісінің классикалық геодезиялық өлшеулерден айырмашылығы бар. GPS өлшеуде кейбір арнайы ережелерді сақтағанда, тиімді нәтижелер алуға болады. GPS қабылдағыштарының ең басты ерекшеліктерінің бірі – ауа райының кез келген жағдайларында өлшеу жұмыстарын жүргізуге болады. Ал, оптикалық аспаптардың кемшіліктері – рейка /белгі /шағылдыру құралына дейінгі тікелей көрініс болмағанда, оның жұмысқа жарамсыздығы – GPS үшін ондай қиыншылықтар тудырмайды. Ал қабылдағыштармен 10 шақты шақырымға дейін өлшеулер жүргізе беруге болады. Қазіргі қабылдағыштар 1-2 батырмалармен басқарылып, жұмыс істей береді. Сондықтан, оператордың арнайы дайындығының қажеті жоқ. Осы орайда экономикалық үнемділік ар-

тып, жеке қызметкерлер саны төмендейді (GPS қабылдағыштары 1 оператормен жұмыс орындайды).

GPS қабылдағыштармен бірге болатын программалардың көмегімен өлшеу нәтижелерін өңдеп, алынған геодезиялық жүйелер теңестіріледі. Пункт координаталарын, келесі тахеометриялық түсірістерге есептеуге болады. GPS көмегімен жүргізілген геодезиялық жұмыстың еңбек өнімділігін арыттырады. Нүкте координатасын анықтау кезінде басқа да 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 болады.

GPS және ГЛОНАСС типіндегі жерсеріктік жүйелермен қамтамасыз етілетін геодезиялық өлшеудің жоғарғы дәлдігі, бір-бірінен мыңдаған км-ге алшақтатылған пункттердің өзара орнын анықтау мүмкіндігі туады. Жерсеріктік өлшеудің бүкіл кешенін жедел жүргізу – навигациялық, сонымен қатар әртүрлі геодезиялық мәселелерді шешу үшін көптеген мүмкіндіктер берді. Мұндай жүйелерді пайдалану негізінде – ғаламдық, континенттік, ұлттық, аймақтық және жергілікті геодезиялық тораптар жасалады. Олар бір-бірінен пункттердің орналасу тығыздығы, координаталарын анықтау дәлдігіне қойылатын талаптары бойынша ажыратылады. Жер қыртысында және жер бетінің жеке аймақтарында жүретін геодинамикалық процестерді ғаламдық және кең ауқымда зерттеу мүмкіндігі ашылды. Жерсеріктік позициялау әдістері инженерлік геодезияның әртүрлі мәселелерін шешу кезінде сәтті қолданылуда.

Жер бетіндегі пункттердің координаталық анықтамаларымен қатар, жерсеріктік әдістер теңіз геодезиясында әртүрлі қозғалу объектілерінің орнын анықтауға қолданылады. Сондай-ақ, ұшу аппараттарын пайдаланып, жердің топографиялық суреттерді орындау кезінде кеңінен пайдаланылады. GPS қабылдағышы бар кез келген тұтынушы, GPS сигналдарын пайдалана алады. Алғашқы кездері GPS қабылдағыштары негізінен, нүктенің орналасу орнын және навигациямен анықтау үшін қолданылды. Қазір GPS қабылдағыштары жер, аспан және теңіздегі әртүрлі тапсырмаларды шеше алады.

Жергілікті жердегі координаталарды анықтауда GPS өлшеулері басқа әдістермен салыстырғанда, көптеген артықшылықтарға ие, ал қозғалыстағы нысандардың координаталарын анықтауда оған тең келетіні жоқ. Нүктелер координаталарын анықтауда бұл

әдістің: нәтижелерге тез арада қол жеткізу, кейде нақты уақыт режимінде (РТК), координаталарды тәуліктің жарық және қараңғы мезгілдерінде анықтау мүмкіндігі, қиын метеорологиялық жағдайда эксплуатация мүмкіндігі, негізгі нүкте мен тура көрінушілігі жоқ анықталатын нүкте арасындағы қашықтық үлкен болған жағдайда да есептеулер жүргізу мүмкіндігі, т.б. сияқты артықшылықтарын атап өтуге болады. Нүктенің үшөлшемді кеңістіктегі орналасуын анықтауда барлық спутниктік радионавигациялық жүйелерде (GPS NAVSTAR, сондай-ақ ГЛОНАСС) қолданылатын негізгі механизм координаталары белгілі көптеген пункттерге дейінгі арақашықтықтарды сан мәрте есептеулермен анықталады. Сызықты қиылыстыру әдісімен мәндерді өңдеу нәтижесінде анықталатын нысан аймағында өлшеулердің барлық кезеңінде уақыттың әртүрлі мезетіне (әдетте әрбір 5 секунд сайын) есептелген жуық координаталары мәндері мен нүктелер топтамасы пайда болады. GPS-пен жұмыс жасау барысында пайда болатын кейбір қателік көздерінің жойылуы қиын. Өлшеулер сигналдардың үздіксіз жылдамдықпен (жарық жылдамдығына тең) таралатынын болжайды. Алайда, шын мәнінде, одан күрделірек болып келеді. Белгі ионосфера арқылы өткенде оның таралу жылдамдығы азаяды, бұл арақашықтықты өлшеудегі қателіктерге әкеледі. Қазіргі заманғы GPS қабылдағыштарда осы бөгелулерді жоюдың барлық мүмкін алгоритмдері қолдануда. Нүктелер орнын GPS көмегімен анықтағанда көпжарықты интерференция тағы бір қателік көзі болып табылады. Бұл белгі жер бетінде орналасқан нысандар тарапынан шағылғанда пайда болады, бұл тікелей спутниктерден келіп жатқан белгілермен интерференция жасайды. Сигналды өңдеудің арнайы техникасы мен антенналардың тиімді конструкциясы қателіктің бұл көзін минимумге жеткізуге мүмкіндік береді. Тағы бір атап өтетін жайт, GPS бойынша өлшеулер жүргізу мамандардың жоғарғы квалификациялық деңгейі мен жоғары дәлдікті қабылдағыштармен жұмыс жасау тәжірибесін талап етеді.

Нүктелердің координаталарды анықтауда GPS өлшеулер жұмыстың нәтижелілігін арттырады, сәйкесінше, инженерлік-геодезиялық ізденістер жүргізуді жеделдетеді, топографиялық түсірістер жасау мүмкіншіліктері мен технологияларын кеңейтеді, учаскелерді межеллеу кезіндегі кадастрлық жұмыстарды айтарлықтай жеңілдетеді және қаржылық құнын төмендетеді. Ал ең бастысы, ол геодезиялық өлшеулерге қойылатын өлшеу нәтижелерінің дәлдік

деңгейі, уақыт бойынша ұтымдылығы, өлшеу жұмыстарының орта жағдайына тәуелділігі және қаржылық тиімділігі сияқты басты талаптарға толығымен жауап береді.

7.1. Қабылдау жүйелерінің классификациясы

Құрылысы бойынша қабылдағыштар күрделі болып, кейде оларды қолдау жүйелері деп атайды. Барлық қабылдағыштар көпканалды болып, 6 не одан да көп каналдардың жиынтығын құрайды. Әр канал өз жер серігімен байланыста болады. Ғимарат және т.б. объектілердің маңында өлшеу кезінде сигналдар үзіліп қиындықтар туындайды. Бұл мәселелерді көп каналды қабылдағыштармен өлшеу арқылы шешуге болады: неғұрлым канал көп болса, соғұрлым қажетті жер серігін ұстауға болады. Қабылдағыштар:

- бір жүйе сигналдарын қабылдауға бағытталған, біржүйелік;
- ГЛОНАСС және GPS сигналдарын қабылдайтын, екіжүйеліктер болып жіктеледі.

Сигналдарды қабылдайтын және өңдейтін түрлеріне қарай қабылдағыштар:

- C/A коды бойынша жұмыс істейтін кодтық, біржиліктік;
- тек P кодына бағытталған, кодтық екіжилікті;
- C/A қашықтық кодын және L1 жиілігінде фазалық өлшеулерді қолданатын, кодтық-фазалық біржилікті;
- қашықтық кодын және L1, L2 жиілігінде фазалық өлшеулерді қолданатын, кодтық-фазалық екіжилікті сияқты түрлерге бөлінеді.

Әрбір жер серігі екі ерекше кодты жібереді:

- бірінші C/A жай кодтары (дөрекі).
- екінші P дәл (Precision) коды.

C/A - азаматтық тұтынушыларға арналған. Оны әртүрлі пайымдайды – дөрекі (Coarse Acquisition), азаматтық немесе стандартты (S - standart). L₁ сигналы бір мезгілде екі C/A, P кодтарымен модульденеді, бірақ фазаларының модульдары бір-бірінен 90⁰-а ауытқыған.

Қазіргі таңда екі L₁ және L₂ толқындары модульденіп C/A және P - кодтарын тасиды, ал L₂ коды – P-кодын тасиды.

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

7.2. Геодинамикалық мәселерді шешу

Жерсеріктік әдістерді пайдалану негізінде қол жеткен координаталық анықтамалардың жоғары дәлдік деңгейі, соңғы нәтижелерді алу жеделдігімен бірге, жер қыртысында жүріп жатқан динамикалық процестерді едәуір толық зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл кезде өзімізді қызықтыратын пункттердің бүкіл жер шары шеңберінде жылжуын зерттеу мүмкіндігі ашылды. Ол “статистикалық” геодезиядан “динамикалыққа” өтуге мүмкіндік берді. Бұл міндет геодинамика үшін 1990 жылдары құрылған GPS Халықаралық қызметінің (IGS) негізгілерінің бірі болды [1,6,11].

Бұл қызмет ғаламдық тіректік геодезиялық торапқа кіретін пункттердегі үздіксіз жерсеріктік бақылауды ұйымдастыруға жауапты болды. Мұндай мониторинг, қарастырылып жатқан пункттерді см-лік және мм-лік дәлділікте жылжуын бақылауға арналған. Бұл құрлықтар 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 қыртысында 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.

Зерттелетін аумақ өлшемін әрі қарай шектеу – ірі инженерлік ғимараттар салынатын және пайдаланылатын жердегі, оның аймақтарындағы ірі қалалар жер бетінің деформациясын зерттеуге алып келді. Қалалардағы топырақтың қауіпті деформациясын бақылау маңыздылығы ең алдымен, адамның геодезиялық құрылымға қарқынды әсер етуіне байланысты әртүрлі бұзылулардың артуынан туындаған. Бұған – жерасты кеңістігін қарқынды игеру, топырақ суының деңгейін өзгерту, көлік ағындарының әсерінен болатын вибрациялар, химиялық кәсіпорын аумағындағы топырақ суындағы белсенді қоспа концентрациясының артуы жатады. Қалалар мен жеке өнеркәсіп объектілеріндегі әртүрлі бұзылулардың алдын алу мақсатында, мамандандырылған геодинамикалық тораптар құрыла

бастады. Олардың пункттерінде максимальды 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 жүйелі қателіктердің қалдық әсерінен бөлу қажеттілігі туады. Бұл сұрақтарға жауап беру үшін, арнайы зерттеулер ұйымдастырылуы қажет. Зерттеу нәтижелері бойынша негізгі рөлді көпжолдылық тропосфералық рефракцияның қалдық әсерінен туған қателіктер атқарады.

Аталған әсерді бәсеңдету әдістерінің бірі – ұзақтығы жоғары бақылау сеансын тандап алуға негізделеді (бір тәулік, одан жоғары). Сонымен қатар:

- көпжолдылық әсерін бақылау пункттерінде, стандартты емес экрандаушы заттарды пайдалану есебінен бәсеңдету;
- тропосфералық рефракция әсерін су буы радиометрлерін пайдалану есебінен қатаң түрде есепке алу;
- өлшеу нәтижелерін өңдеу процесінде тропосфералық кідірісті анықтауға мүмкіндік беретін арнайы есептеу әдістерін ұйымдастыруға аса назар аудару керек.

Қалалардағы жер бетінің қозғалысын зерттеу кезінде тектоникалық белсенділігі жоғары аймақтарда орналасқан ірі қалалар аумақтарына ерекше орын бөлінеді.

7.3. Жерсеріктік технологияны қолданбалы геодезияда пайдалану

Ұзындығы әртүрлі тораптардағы жерсеріктік координаттық анықтаудың жоғары дәлдіктегі өлшеулерін, алуан түрлі физикалық-географиялық жағдайларда жүргізуге, жерсеріктік әдістерді қолданбалы геодезияның ауқымды мәселелерін шешу кезінде тиімді пайдалануға алғышарттар жасады. Мұндай әдістер туннельдер, көпірлер құрылысында, магистральды құбырлар салуда, зарядталған бөлшектердің желілі күшейткіштері мен басқа да ірі инженерлік ғимараттарды құру, әрі қарай пайдалану кезінде қолданыла бастады.

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 әртүрлі 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.

Туннель құрылысын жерсеріктік әдістерді қолданып салуға қатысты, соңғы әдіс – кіріс порталдары арасындағы барлық алаңды жауып тұратын және сәйкес кластағы тіректік тораптармен байланыс орнату, 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. Осының негізінде бағытты анықтаудың арнайы әдістері рұқсат етілген қабілеттілікті пункттер арасындағы қашықтық 400 м-ден аспаған жағдайда, шамамен, бір бұрыштық секунд деңгейінде дәлдікпен қамтамасыз етеді.

Әртүрлі 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 қарай жүргізу қажет. Алынған ақпараттардың жоғары дәлдігі мен дұрыстығына жету үшін, жерсеріктік әдістерді көп жағдайда тахеометр мен жоғары дәлдікті нивелирді пайдалануға негізделген әдістермен біріктіреді. Жоғарыда айтылған техникалық құралдар мен әдістерді бірге қолдану – қауіпті деформация мен жылжуды дер кезінде жеткілікті, әрі сенімді түрде анықтауға мүмкіндік береді.

Бұрыштар мен арақашықтарды өлшеуге негізделген әдістерді қолданғанда торап геометриясын жақсарту мақсатында, қосымша пункттерді ұйымдастыру қажеттілігі туындайды. Ол сөзсіз қосымша техникалық-экономикалықшығындармен басқада қиыншылықтарды тудырады. Жердегі әдістерге қарағанда, жерсеріктік әдістер – пункттердің орналасу геометриясын талғамайды және тік сызықты жолдың бойында орналасқан пункттердің координаталарының анықтамаларын қажетті дәлдікпен толық қамтамасыз ету үшін жарамды келеді.

7.4. Жерсеріктік технологияны теңіз геодезиясында қолдану ерекшеліктері

Теңіз геодезиясына жататын және жерсеріктік технологияны пайдалануға негізделген мәселелерді шешуге тән ерекшелік – кеме жүргізуге байланысты арнайы жүзу құралдарының орындары өте жоғары дәлділік деңгейінде (метр бірлігінде, ал кейде метрдің ондық үлесінде) анықталады. Бұл кезде барлық өлшеулерді нақты уақыт масштабында орындайды. Ал алынған нәтижелерді қажетті мәндерді анықтауға қолданылатын басқа техникалық құралдармен үйлестіреді.

Жерсеріктік әдістерді теңіз геодезиясында пайдалану аймақтарын, дәлділік деңгейіне қойылатын талаптарға сай екі шартты топқа бөлу қабылданған.

Дәлділік деңгейіне қойылатын талаптар бірнеше метрмен ғана шектеліп, бірінші топқа мыналар кіруі мүмкін:

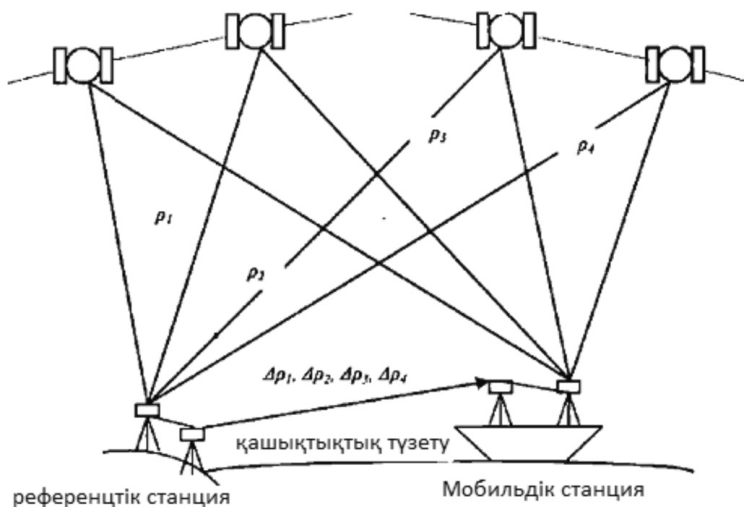
- аймақ акваторияларындағы, жағаға жақын судағы және ішкі қоймалардағы тереңдік өлшеу жұмыстары;
- экономикалық дамудың аумақтық аймақтары немесе ғылыми мақсатта теңіз (тереңдігін) түбін картаға түсіру;
- пайдалы қазбаларды теңіз қазба жұмыстары кезінде қолданылатын қандай да бір суасты датчиктермен сәйкес техникалық құралдардың орындарын анықтау;
- гидрографиялық жұмыстарды орындау;
- дәл гравиметриялық және сейсмикалық суретке түсіру жұмыстарын жүргізу.

Осы міндеттерді шешу үшін кодтық сигналдарды қолдануға негізделген жер серігін өлшеудің кодтық сигналдарды қолдануға негізделген дифференциялық әдісі ерекше таралған. Бұл – жұмыс істеу режиміндегі референцтік станция, әдетте, координаталары белгілі жағадағы нүктеде, ал мобильдік станцияда қолданылатын 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 мобильдік станцияға береді. Аталған түзетулер референцтік станция координаталарына түзетулерді емес, сәйкес жер серіктеріне дейінгі өлшенген арақашықтықтың түзетулерін береді. Мұндай тәсіл – референцтік

және мобильдік станциядан 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 жабдықтарға қызмет көрсетуге байланысты жұмыстар;
- мұнай, газ және басқа да пайдалы қазбаларға жұмыстар жүргізу кезінде қолданылатын платформалардың теңіз бетінде орналасқан жағдайын бақылау;
- айлақ акваторияларын, өзен сағасы мен су қоймаларын тазалау жұмыстарын жүргізуші драгаларды басқару;
- теңіз және мұхит акваторияларындағы геодинамикалық процестерді зерттеу.



38- сурет. Теңіз геодезиясында қолданылатын, дифференциалдық жұмыс істеу принципі: $p_1 p_2 p_3 p_4$ – референцтік станциядан жер серігіне дейінгі қашықтық; $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3, \Delta p_4$ – референцтік станциямен мобильдік станция арасындағы түзетілген қашықтық

Осындай жұмыс түрлеріне қажетті жоғары дәлдік деңгейін қамтамасыз ету әдетте, жалған қашықтық өлшеу әдістерімен тиімді үйлесетін жер серігін өлшеудің фазалық әдістерін пайдалану есебінен жүзеге асады. Осындай құрама (комбинированный) әдістерді жүзеге асырудағы негізгі қиындық мобильді станциялар-

ды қозғалу объектісіне орнату жағдайларындағы мәндердің бірдей болмауын сенімді, әрі жедел шешуге мүмкіндік береді. Аталған проблемаларды шешу үшін, соңғы жылдары фазалық және кодтық өлшеулерді тиімді түрде бірге қолдануға негізделген қолайлы әрі жедел әдістер жасалды.

Жоғарыда айтылған проблемалармен қатар, теңіз геодезиясына тән жұмыстарды орындау кезінде мынадай фактіні ескеру қажет: мобильдік станция орнатылатын жүзу құралдары теңіз бетінің әртүрлі айналымдары мен тербелістеріне ұшырауы мүмкін. Ол өз кезегінде есептің маркіленген нүкте кеңістігінде мүмкін емес өзгерістерге алып келеді. Мұндай өзгерістерді есепке алу үшін, жерсеріктік өлшеудің жаңаландырылған әдістері қолданылады. Ол кеменің азимуттық күйін және оның ұзына 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.

Теңіз геодезиясына тән қосымша міндеттердің бірі – кеменің орналасқан орнына, жауапты нүктелердің күйін басқа техникалық құралдар мен өлшеулер жүргізілетін бастапқы нүктелерге қайта есептеу әдістерін жасау қажеттілігінен тұрады (мысалы, бүйір үлгідегі эхолоттар немесе гидролокаторлардың көмегімен орындалатын тереңдікті өлшеулер).

Жерді фотограмметриялық әдістермен картаға түсіру кезінде жерсеріктік позициялау жүйелері тиімді қолданылады. Олардың көмегімен ұшу координаталары мен аэрофототүсіру камерасының бағытын анықтайды. Сонымен бірге, ұшу аппараттарының берілген маршрут бойынша жүруін жүзеге асырады және сол жерде қажетті мөлшердегі белгілеу таңбалары бар торапты жасайды. Ірі масштабты суреттер үшін дециметрлік дәлділік деңгейін қамтамасыз ету – жерсеріктік өлшеудің дифференциалды әдісінің іске асырылуы үшін мәндердің шексіз көп болуын шешудің арнайы шұғыл тәсілдері жасалған фазалық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асады. Бұл кезде әуе кемесінің бортында орналасқан жерсеріктік қабылдағыш

пен суретке түсіру камерасы жұмысының синхрондығы сияқты көмекші проблемаларды да шешуі қажет. Антенаның фазалық орталығы мен камера проекциясының орталығы арасындағы эксцентриситет элементтерін анықтау, сондай-ақ бақылайтын жер серіктері жеткіліксіз болған жағдайда, қосымша шаралар қолданған жөн.

Фазалық әдістермен өлшенетін арақашықтықтың бірдей мәндерді алуға байланысты қиыншылықтарды болдырмау үшін, ұшудағы мәндердің бірдей болмауын шешудің арнайы тез орындалатын әдістері жасалды (OTF). OTF-н жұмыс істеу принциптерін толық қарастырмай-ақ, берілген әдіс алынған деректерді жедел өңдеу әдістерімен ілесетін фазалық және өте дәл кодтық өлшеулердің тиімді үйлесімділігіне негізделеді.

Жерсеріктік қабылдағыш қабылдаған ақпараттарды үздіксіз бақылауға және фазалық өлшеуге жататын барлық цикл мөлшерінің өсімшелері жөнінде деректер алуға мүмкіндік береді. Сондықтан, мәндердің бірдей болмауын шешудің жедел әдісі OTF, әдетте, ол ұшақтың ұшу кестесінің басында немесе кем дегенде 4 жер серігі қалған кезде қолданылады.

Соңғы нәтижелер дәлдігіне келетін болсақ, жерсеріктік фазалы өлшеудің потенциалды мүмкіндіктері ешбір қиындықсыз, ірі масштабты аэрофотосуретке түсіру жұмыстары үшін дециметрлі дәлділік деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Онымен бірге, елеулі дәлділік шығыны – спутниктік өлшеуді тіркеудің синхронсыз және түсіру камерасының қақпағы жұмыс істемей қалған жағдайда байқалуы мүмкін. Бұл проблеманы шешу үшін, ұшақ бортында қолданылатын аэрофототүсіру аппаратурасының кешеніне жерсеріктік өлшеулер мен аэрофототүсіру камерасы қақпағының жұмысына жататын синхронды жұмыс режимін қамтамасыз етуші сыртқы басқару құрылғысы енгізіледі. Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша, аталған синхронизмнің бұзылуы – бірнеше метрге жететін қателіктерге алып келуі мүмкін.

Жерсеріктік қабылдағыш антенасының фазалық центрін, фотокамера проекциясының центрмен кеңістіктік қосудың мүмкін еместігі, аталған центрлер мен үш бағытталу бұрышы арасындағы арақашықтық кіретін үш өлшемді эксцентриситеттің болуын дәлелдеп береді. Ол статикалық жағдайларда, негізгі техникалық құралдармен анықталуы мүмкін. Платформаның өзіне орнатылған жабдықтарымен бірге динамикалық жағдайларда, оның бағытын анықтау үшін көлбеулігін өлшеу (наклономер) сияқты арнайы

құрылғыларды пайдаланады. Ал жеке жағдайларда – кеңістікте тармақталған үш жерсеріктік қабылдағыш антеннасын пайдалануға тура келеді. Осы салада жүргізілетін зерттеу жұмыстарының бағдарлау бұрыштары жөніндегі ақпараттар мәні – камера фокусы центрінің дәл күйін түсіру сәтінде білуге қарағанда, аз екенін дәлелдейді.

Берілген маршрут бойынша ұшақты ұшыру проблемасы – жерсеріктік позициялау жүйелерін навигациялық қолдануға жатады. Оны іске асыру үшін, дифференциалды режимде жұмыс істейтін және нәтижелерді нақты уақыт масштабында беретін жерсеріктік қабылдағыштар қолданылады. Аэрофототүсіру жұмыстарына тән, ұшақ ұшырудың шамамен 10 м деңгейдегі дәлдігіне жету – еш ауырлық тудырмайды.

Жерсеріктік әдістер мен жердегі геодезиялық негіздемелерді құруға байланысты, 1-ден 5 м-ге дейінгі деңгейдегі қажетті дәлдікті кодтық өлшеу негізінде және жеңілдетілген жерсеріктік қабылдау апаратурасын пайдалануда іске асыруға болады (мысалы, дифференциалды режимде жұмыс істейтін бір жиіліктік қабылдағыштар).

7.5.Топографиялық-геодезиялық өндіріске жерсеріктік технологияларын енгізу және пайдалану

Жерсеріктік технологияларды топографиялық-геодезиялық өндіріске енгізгелі бері далалық және камералдық жұмыстарды жүргізудің ұйымдастыру және техникалық принциптері ғана емес, сонымен қатар көптеген басқада негіз қалаушы принциптер өзгеріске ұшырады. Осы орайда жер бетіндегі спунтиктік әдістермен орындалатын геодезиялық өлшеулермен байланысты геодезиядағы революциялық өзгерістерді айту негіз болып отыр. Ондай революциялық өзгерістердің негізгі мәні мынада :

1. Дәстүрлі далалық геодезиялық әдістерді пайлану кезінде көршілес орналасқан, анықталатын пунктер арасында тікелей көріністің болуы қажет болды. Ол өз кезегінде биікте әрі алыста және қолжетпейтін жерде орналасқан пунктерді таңдауға, не болмаса қымбат тұратын геодезиялық белгілерді жасауға тура келді. Осыған қарамай осы талаптарды орындаудың өзінде көршілес жатқан пунктерді арақашықтығы шектеулі болды. Бұл көптеген

қолайсыздықты тудырды. Заманауи жерсеріктік технологиясы пункттер арасында тікелей көріністі қажет етпейтін жоғарғы дәлдікті геодезиялық өлшеу жүргізуге мүмкіндік тудырды, осы тұрғыда сыртқы геодезиялық белгілерді орнатуды және жоғарыда орналасқан пункттерді іздеудің қажеттігі болмай қалды. Өлшенетін базалық жақтардың арақашықтығы шектелмейді, ол қашықтық бір немесе бірнеше мың шақырымды құрауы мүмкін.

2. Көптеген геодезиялық өлшеулерді дәстүрлі әдістермен орындау кезінде, пункттар арасында тек тікелей көріністі қажет етпейді, сонымен қатар оптикалық көрініс болуы қажет, яғни тәуліктің және ауа-райының қолайлы уақыты таңдалуы қажет. Әрине ол далалық өлшеу жұмыстарының өнімділігін төмендетеді. Орын жағдайын жерсеріктік әдісімен анықтау негізінен ауа райының және тәуліктің кез келген мерзім уақытында орындай береді. Бұл далалық өлшеу жұмыстарының және еңбек өнімділігін бір шама арттырады.

3. Дәстүрлі әдістермен орындалатын геодезиялық өлшеулерді жоғарғы динамикалық тұрақсыз жер бетінде орындайды. Сыртқы әсерлер көп жағдайда негізгі қателік көздері болып, геодезиялық өлшеу дәлдігі шектеледі. Нәтижесінде геодезиялық әдістермен орындалатын тапсырмалар қатары қысқарады. Жерсеріктік технологиясын қолдану кезінде атмосфера әсерін он есе төмендетіп, шектік өлшеу дәлдігін бір-екі есе жоғарылатады.

4. Басым көп геодезиялық әдістер статика өлшеу режимінде, яғни қоғалмайтын пункттер арасында орындауға арналған. Ол көбіне, жылжымалы геодезиялық өлшеулерді орындауға бағытталған динамикалық әдісті дамытуға кері әсерін тигізеді (теңіздік геодезия, аэрофототүсіріс және т.с.с.).

5. Жер бетінде, ірі инженерлік ғимараттарда және басқа да объектілерде болатын әртүрлі жарықшақтарды зерттеу кезінде өлшеу жұмыстарын жиі жүргізуге тура келеді. Дәстүрлі геодезиялық әдістер ірі көлемдегі объектілерге мониторингті өлшеуді жүргізуге және ұйымдастыруға жеткіліксіз қарастырылған. Әрине, жерсеріктік тұтынушылар аппараттары аталмыш жұмыстарды қиындықсыз жүргізеді.

Қазіргі кезде GPS және ГЛОНАСС жерсеріктік аппараттарымен жұмыс істеу мүмкіндіктеріне сәйкес жерсеріктік технологиясының жоғарыда аталған позитивті жақтарының нәтижесінде еңбек өнімділігін 10-15 есе арттырып, түрлі топографиялық-геодезиялық жұмыстарын орындауға кететін шығынның айтарлықтай төмендейтіні айқын.

Осы аппаратураға сәйкес түрлі жұмыс істеу режимдері жасалып, негізгі қателік көздері зерттелген, сонымен қатар жерсеріктік технологияға негізделетін геодезиялық жұмыстарды жоспарлау және ұйымдастырудың тиімді мәселелері шешілуде, әрі даму үстінде.

Қазіргі таңда бір мезгілде үш GPS, GLONASS және GALILEO ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйелері жұмыс істеуде.

Іс жүзінде барлық елде GPS жүйесі кеңінен қолданылуда, әрине Ресей және Қазақстан аймағында геодезиялық өлшеулерді GPS, GLONASS жүйелерін қолданусыз жүргізу мүмкін емес.

GPS негізгі жүйесін 5 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;
- қателіктерді түзету – тропосфера мен ионосфера қабаттарынан өтетін сигналдардың енгізілетін қателерін ескеру.

Есептеулер тікелей сағат жүрісінің дәлдігіне байланысты. Кодтар жер серігі мен қабылдағыштарда бір уақытта генерациялануы қажет. Жер серігінде атом сағаттары орналастырыған, оның дәлдігі – 1 наносекундты құрайды. Бірақ әрбір GPS қабылдағышына аталмыш сағатты орнату өте қымбатқа түседі. Сондықтан, қабылдағыш сағатының жүріс қателігін жою үшін, өлшеуді 4 – жер серігінен жүргізеді. Бұл өлшеулерді қателіктерді жою үшін қолданады. Ол қателер жер серігі мен қабылдағыштағы сағаттың синхрондалмағандығынан туындайды.

Егер жер серігіндегі және қабылдағыштағы сағат жүрісінің дәлдігі бірдей болса, онда ара қашықтықты 2 жер серігінің көмегімен дәл анықтауға болады. Егер өлшеулер 3 жер серігінен орындалса, онда барлық сағаттар дәл жүреді деген сөз.

Үшінші бағыттағы өлшемдер қажет болған жағдайда, онда қабылдағыштағы сағат жүрісінің қатесін жою үшін 4 жер серігі, да- лада жұмыс істеген кезде, объектінің 3 бағыттағы координаталарын анықтау үшін, кемінде 4 жер серігі қажет.

Жергілікті жерде жерсеріктік әдістердің әртүрлі түсіру түрлерін кеңінен қолдануға септігін тигізетін техникалық-экономикалық алғышарттар: жоғары дәлдік, ауа райы жағдайларына тәуелсіздік,

пункттер арасында тіке көрінудің болуы міндетті емес. Негізгі шектеуші факторы – өлшеу сәтінде аспанның бақылаушы жер серіктері орналасқан бөлігінде, еркін шолуды қамтамасыз ету талаптары. Практикада мұндай талапты жерсеріктік қабылдағыш орнатылған пунктті қоршайтын әртүрлі экрандаушы объектілердің (ағаштардың қисаюы, геодезиялық сыртқы белгілер, ғимарат қабырғалары, т.б.) болуынан, әрдайым орындау мүмкін емес. Осыған байланысты жұмысты ұйымдастыру кезінде құрама әдістерге көп мән беріледі. Олар жерсеріктік бақылауды электрондық тахеометрлер сияқты геодезиялық құрал-жабдықтармен өлшеуді тиімді үйлестіреді.

Құрама әдістерді қолдануда – жинақталған тәжірибе жерсеріктік технологиялардың көбінесе, түсірілетін жер көлемінің суретке түсіру негіздемелерін құруға қолданылатынын дәлелдейді. Ал толық түсіру – тек ашық аумақтарда ғана немесе жердегі техникалық құралдардың көмегімен жүзеге асырылады. Осы құрылған геодезиялық негіздеме көбінесе жергілікті тораптарды салу арқылы іске асырылады. Оларға пункттер арасындағы шамалы алшақтықтар мен координаталық анықтамалар дәлдігіне салыстырмалы түрде талаптар аз қойылады.

Жерсеріктік өлшеулерді жүргізген кезде техникалық-экономикалық көзқарас тұрғысынан, мұндай желілерде жедел және экономикалық бақылау әдістері мен кейінгі өңдеу әдістерінің үйлесіміндегі геодезиялық типтегі салыстырмалы қымбат емес, бір жиілікті қабылдағыштарды пайдаланылады.

Қазіргі уақытта жасалған жерсеріктік технологиялар, жергілікті жерде түрлі түсірулер жүргізгенде кеңінен қолданылады. Жақсы танымал топографиялық түсірулермен қатар, мынадай қолдану аймақтарында айтып өткен жөн:

- әртүрлі жер құрылысы жұмыстарымен байланысты түсірулер;
- сызықты объектілер трассасын түсіру;
- геологиялық-геофизикалық жұмыстарды геодезиялық қамтамасыз ету;
- орман шаруашылығын жүргізуге байланысты түсірулер.

Әртүрлі түсірулерге тән жерсеріктік координаталық анықтамалардың жеке ерекшеліктеріне тоқтамай-ақ, жерсеріктік әдістерді қолдануға байланысты жалпы ерекшеліктерді көрсетеміз.

Жерсеріктерді бақылаудың қолайлы жағдайларында жерсеріктік өлшеулерді жүргізген кезде, жақсы өңделген тәсілдер қолданылуы мүмкін. Сонымен бірге, жерді түсіру жұмыстарын көп жағдайда жер серіктерінен келіп түсетін радиосигналдар арқылы, әртүрлі

кедергілермен экрандалатын жағдайларда жүргізуге тура келеді. Мұндай жағдай көбінесе, орманның ар жағындағы (орман сырты) аймақтарда түсіру жұмыстарын жүргізген кезде пайда болады.

Жерсеріктік технологияны орман сыртындағы жерде сәтті пайдаланудың түрлі әдістері бар. Кейбір жағдайларда қабылдағыштарды алаңдарда орналастыруға, тіпті қажетті ағаштарды да кесіп алуға тура келеді. Сапалы өлшемдерді қамтамасыз ету мақсатында, қабылдағыштарды радиусі 5-тен 170 м-ге дейінгі алаңдарда (аннтенна деңгейінен 2,5-тен 30 м-ге дейін көтерілген ағаштардың биіктігіне байланысты) орнату ұсынылады.

Қарастырылып жатқан проблеманы шешудің басқа тәсілі – қабылдағыш антеннасын, сигналдардың ағаш басынан экрандалуын болдырмайтын биіктікке жедел түрде көтеруге мүмкіндік беретін, жеңілдетілген арнайы дінгектер (мачталар) жасаудан тұрады. Жерсеріктік өлшеудің мұндай жағдайлардағы дәлдігі, ашық жерге қатысты дәлдікке эквивалентті (баламалы).

Өртүрлі түсіру жұмыстарын жерсеріктік әдістермен жүргізген кезде төселген бет пен қоршаған объектілерден түскен көріністерден туған өлшем қателіктерін азайтуға ерекше көңіл бөлінеді. Бұл проблеманы шешу үшін жер серігінен келіп түсетін түзу сигналдар әсерін бәсеңдетуге мүмкіндік беретін, қосымша жабдықтармен жабдықталатын жерсеріктік қабылдағыштардың антенналық жүйесін жаңарту жүргізіледі. Сонымен қатар, көрініс әсерін азайтуға бағытталған өңдеу әдістері де жетілдіріледі.

Жерді түсіруге байланысты орындалатын жұмыс ерекшеліктерінің бірі – жергілікті координаталар жүйелерін қолданудың мақсатқа сәйкестігі. Тұтынушыларды көбінесе, нивелирлеуден алынатын биіктіктер қызықтырады. Сонымен қатар, жерсеріктік әдістер таңдап алынған эллипсоидтің бетіне жататын нивелирлі биіктіктен едәуір өзгеше, геодезиялық биіктіктерді алуға мүмкіндік береді. Мұндай айырмашылықтар, салыстырмалы түрде тіпті, кіші көлемді аймақтардың өзінде 40 см-ге жетіп, одан асуы да мүмкін.

Аталған проблемаларды шешуге арналған торапқа нивелирлеуден биіктік белгілі танбалары бар пункттер қосылады. Егерде тораптың қалған барлық пункттері үшін жерде көптеген нивелирлі жүрістер жасамай, ақпараттар алу қажеттілігі пайда болуы мүмкін. Онда мұндай проблема, жер серіктік және гравиметрлік деректерді бірге пайдалану негізінде шешілуі мүмкін.

7.6. Нақты уақыттағы кинематикалық өлшеу және өңдеу режимдері

Өлшеу уақыты кезінде нақты уақытта өлшеу мен өңдеудің кинематикалық режимі, бір пунктте 5 сек-ке дейін нақты уақыт масштабында өлшеуді бір мезгілде өңдеп орындауға мүмкіндік береді (on line). Нақты уақытта өлшеу мен өңдеудің Real-time Kinematic GPS (RTK - GPS) кинематикалық режимді пайдалану негізі – ашық аумақты пландық және биіктік түсіру. Ал шамалы қашық объектілерде жергілікті толықтыру торабын құрып, жобадан жерге шығару. Өнімділік бойынша салыстырмалы деректер 5-кестеде келтірілген.

Нақты уақытта кинематикалық өлшеу мен өңдеу режимінің едәуір маңызды артықшылығы – өңдеу процесінде анықталған кемшіліктерді түзету үшін объектіге қайтадан бару қажеттілігінің болмауы. Өйткені, оның сапасын өңдеу мен бақылау, тікелей өлшеу процесінде орындалады.

5 - кесте

Өнімділік жөніндегі салыстырмалы деректер

Жұмыс түрі	RTK - GPS	Тахеометрия	Нивелирлеу	Өңдеу
Пландық түсіру	220%	100%	-	0,5 с
Пландық биіктік түсіру	240%	100%	-	0,5 с
Жоғарыдан түсіру	240%	-	100%	0,3 с
Толықтыру торабын құру				
Жобадан жерге шығару	300%	100%	-	1,5 с
	325%	100%	-	-

Жерсеріктік қабылдағыштарды пайдаланудан алынған өнімділікті жоғарылату (арттыру), әрқашан техникалық құралдар мен программалық қамтамасыз ету – оның сенімділігін ақтай бермейді. Сондықтан нақты жұмыс түрлерінде жерсеріктік қабылдағыштың қандай да бір моделін қолдануды координаталарды алудың қажетті дәлдігімен үйлестіру қажет. Сонда 1: 50000 – 1:1000000 майда масштабы карталарды жаңартқан кезде, жеке объектілерді координациялау үшін орташа рұқсат етілген жерсеріктік түсірулерді пландық

түрде үйлестіру керек. Оның координаталарын анықтау дәлдігі 5 – 100 м аралығында. Навигациялық өлшеу және өңдеу режимін қолданған кезде 5 – 40 м аралықтағы дәлдік – нақты уақыт масштабында, ал одан жоғарысы – 1 м-лік дәлдікті камералды өңдеу кезінде алынуы мүмкін. Бұл жағдайда қымбат фазалық геодезиялық қабылдағыштарды пайдаланудың қажеті жоқ. Өйткені, едәуір арзан қабылдағыштар мен сәйкес программалық қамтамасыз етуді пайдаланса да жеткілікті. Көптеген фирмалардың қымбат емес кодтық жерсеріктік қабылдағыштары соңғы кезде нақты уақыт масштабындағы дифференциалды анықтаманың құрылған функциясына ие болды (DGPS).

7.7. Жерсеріктік координаттық анықтауды қолдана отырып аэротүсіріс жұмыстарын орындау

Заманауи фотограмметрия әдістерімен жергілікті жердің картасын жасау кезінде жерсеріктік жүйелері тиімді қолданылады. Олардың көмегімен ұшу кезіндегі аэрофототүсіріс камерасының координатасын және бағытын, ұшақ апараттарының берілген маршруттары бойынша ұшыру және жергілікті жерде қажетті сандағы таба алатын (опознак) белгілер жүйесін құрайды.

Фазалық әдісті қолдана отырып, дифференциалдық жерсеріктік өлшеу әдісі негізінде ірі масштабтағы дециметрлік деңгейдегі дәлдікті түсірістерді іске асыру үшін арнайы жылдам әсер ететін мандердің бірдей болмауын шешетін тәсілдер жасалаған. Бұл кезде өзінің шешімін талап ететін қосымша мәселелер пайда болады, оларға борттағы орналасқан түсіріс камерасы және жерсеріктік қабылдағышының синхронды жұмыс істеуі, антеннаның фазалық центрімен камера проекциясының центрі арасындағы эксцентриситетінің элементін анықтау, сонымен қатар бақыланатын жерсеріктерінің жеткіліксіздігінде қосымша шаралар қолдану.

Ұшу кезінде арақашықтықты өлшеуде фазалық әдіспен өлшенетін бірдей мәнді алумен байланысты қиындықтарды жоюға қатысты мандердің бірдей болмауын шешуге арналған арнайы жылдам әсер ететін әдіс ойлап табылған (OTF). Бұл әдіспен алынатын деректер шұғыл өңдеуге бейімделген фазалық және дәл кодтық өлшеу әдістеріне негізделеді. Қарастырылып отырған әдістің іс жүзінде

апробациядан өтуі бірнеше жерсеріктік бақылауды тізбектей тіркеу кезінде мәндердің бірдей болмауының мүмкіндігіне жеткенімен куәландырады.

Өйткені жерсеріктік қабылдағышы келетін мәліметтерді және фазалық өлшеулерге қатысты бүтін циклді өсімшелер деректерін қабылдайды. Аталмыш OTF мәндердің бірдей болмауының шұғыл әдісі әдетте, ұшақтың бастапқы ұшу маршрутында немесе қабылдағыштың қабылдау кезіндегі төрт жерсерігі немесе одан да аз болғанда қолданылады. Бұл ұшақ көлбеу жағдайда болып вираждау кезінде байқалады.

Соңғы нәтижелерге келетін болсақ, жерсеріктік фазалық өлшеулердің потенциалды мүмкіндіктері ірі масштабтағы аэротүсіріс жұмыстарына қажетті дециметрлік дәлдік деңгейін ешқандай қиындықсыз қамтамасыз ете алады. Бірақ дәлдік жоғалымы жерсеріктік өлшеулерін қалыпсыз тіркеу және түсіріс камерасының затворы іске қосылуы кезінде байқалу мүмкін. Бұл аталмыш мәселені шешеу үшін ұшақ бортындағы аэротүсіріс аппаратура кешеніне сыртқы бақылау құралын енгізеді. Ол жерсеріктік өлшеулерін және аэротүсіріс камераларының синхронды жұмыс істеу режимімен қамтамасыз етеді. Зерттеу нәтижелері бойынша аталмыш синхронның бұзылуы бірнеше метрге жететін қателердің пайда болуына алып келеді.

Жерсеріктік қабылдағышы антеннасының фазалық центрімен фотокамера проекциясының центрін кеңістікте байланыстыру мүмкіндігі болмауы аталмыш екі центр аралығы мен үш бағыттау бұрышын қамтитын үш көлемді эксцентриситеттің бар екенін пайымдайды. Негізінен ара-қашықтық инварианттық мән болғандықтан, ол дәстүрлі техникалық құралдармен статикалық анықталуы мүмкін.

Аэротүсіріс жүргізілетін ұшақты берілген маршрут бойынша ұшыру мәселесі позициялау жерсеріктік жүйесін навигациялық қолдануға жатады. Оны іске асыру үшін дифференциалдық режимде жұмыс істеп және нәтижелерін нақты уақыт аралығында беретін көпшілікке белгілі жерсеріктік қалдағыш қолданылады. Аэротүсіріс жұмыстары үшін ұшақты жуық шамамен 10 м дәлдікпен ұшыру аталмыш қабылдағыштар үшін қиынға түспейді.

Жерсеріктік әдісімен жердегі геодезиялық негіздерді жасау тапсырмаларын шешу барысында, 1-ден 5-метрге дейінгі қажетті дәлдікті кодталған өлшеулерді қолдана отырып алуға болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Қабылдау жүйелерінің классификациясын айтыңыз?
2. Геодинамикалық мәселерді шешуде қандай жұмыстар орындалады?
3. Жерсеріктік технологияны қолданбалы геодезияда пайдалану туралы не білесіз?
4. Жерсеріктік технологияны теңіз геодезиясында қолдану ерекшеліктерін айтаңыз?
5. Теңіз геодезиясында қолданылатын, дифференциалдық жұмыс істеу принципін айтыңыз?
6. Топографиялық-геодезиялық өндіріске жерсеріктік технологияларын енгізу және пайдалану туралы не білесіз?
7. Нақты уақыттағы кинематикалық өлшеу және өңдеу режимдерін айтыңыз?
8. Жерсеріктік координаталық анықтаулардың қолдануы арқылы аэротүсіріс жұмыстарын орындау туралы не білесіз?

8-БӨЛІМ. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ЖЕРСЕРІКТЕРІНІҢ GPS-НАВИГАЦИЯЛЫҚ ҚҰРАЛ-ЖАБДЫҚТАРЫ

8.1. 4600LS Trimble

Бір жылікті 12 каналды GPS қабылдағышы қысқа және орташа базистік аралықтарда топографиялық түсірістер, геодезиялық жүйелерді жиілету мен дамыту жұмыстарын орындауға арналған. 4600LS аспабы қолдануға өте қолайлы, сенімді әрі тиімді. GPS қабылдағышы антеннасы бір қорапқа біріктірілген, оның салмағы – 1,7 кг. Кабельдік жалғаулардың жоқтығы, аспаптың жұмыс істеу қабілетін жоғарылатады. Қабылдағыш бір батырмамен басқарылады, ал үш жарық диодты индикатор – статикалық және жылдам статикалық бақылау режимінде түсірісті бақылауға мүмкіндік береді. Сыртқы әсерден, қабы – судан, ылғалдан, кез келген климаттық және ауа райы жағдайларынан қорғалған (жаңбыр, қатты аяз – 40°C т.б.).

5-кесте

4600LS Trimble – техникалық сипаттамалары

Канал саны		12 жиілігіндегі L1 (код, фаза)
Деректерді жазу		ішкі жады 1 Мб
Коммуникациялық порттар		1 тізбектелген
5 және оданда көп жер серіктеріне өлшеу дәлдігі		
Статика, жылдам статика	Пландағы Пландағы Биіктік бойынша	5 мм + 1 x 10»' D (ұзындығы 10 км-ден кем) 5 мм + 2 x 10» D (ұзындығы 10 км-ден жоғары) 10 мм + 2 x 106 D
Жұмыс істеу температура, «C		40» - +65°
Электркоректену		- аккумуляторлық батарея 2,3 Ач 12
Антенна		Қабылдағыштың қабына кигізілген

8.1.1. Trimble TS 5700 GPS қабылдағыш

TTS 5700 – модульді екі жиілікті 24 каналды GPS және WAAS/EGNOS жүйесі нақты уақыт арлығындағы дәл геодезиялық жұмыстарды орындауға арналған. Ол жоғарғы өлшеу дәлдігі, сенімділігі, қолайлылығы және жеңіл, аз энергия тұтынуымен (2,5Вт) ерекшеленеді. *TTS 5700* қабылдағышы екі жиілікті құрал-жабдықтар класындағы ең танымал аспап. Қабылдағыш екі Li-Ion аккумуляторлық батареядан – электр энергиясын тұтынады. Оның жұмыс істеу қабілеті шамамен, 10 сағатты құрайды. Сыртқы қабы толығымен герметизацияландырылып, сыртқы орта әсерлерінен сақтандырылған. Сонымен қатар, оны күрделі климаттық жағдайларда да қолдануға болады.



39-сурет. Trimble TS 5700 GPS қабылдағышы

Базалық қабылдағыш – қосымша сыртқы аккумуляторлық 12В батареясымен қамтамасыз етілген. Қабылдағыштың басқару батырмалары мен жарық диодты индикаторлары алдыңғы панельге орнатылған. Ол кейбір жағдайларда кинематикалық түсірістерді, контроллер қолданбай жүргізуге мүмкіндік береді. Қабылдағыш жиынтығында екі GPS антенна: базалық қабылдағышқа жоғарғы дәлдікті *Zephyr Geodetic* антеннасы және жылжымалы қабылдағышқа – *Zephyr* ан-

теннасы қолданылады. Олар фазалық орталықтың тұрақтылығы және әлсіз жерсеріктік сигналдарға сезімталдығымен сипатталады. *Trimble Stealth* технологиясы – өлшеу нәтижелеріне әсер ететін кедергілерді төмендетеді. Осы антенналарды қолдану барысында, анықталатын координаталарды мм-лік дәлдікпен есептеп шығаруға мүмкіндік береді.

eRTK жаңа технологиясының басты ерекшелігі – *TTS5700* аспабы соңғы жасалған сымсыз құрал-жабдықтар коммуникациясы саласында негізделіп, ұялы телефондар жүйесі 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 ете алады.

6-кесте

TTS 5700 техникалық сипаттамасы

Каналдар саны	24 жиілігі L1 и L2 (код, фаза), WAAS/EGNOS
Деректерді жазу	128 Mб Compact Flash жады картасы
Коммуникациялық порт	Тізбектелген 2 . 1 USB
5 және одан жоғары жер серігіндегі өлшеу дәлдігі (өңдеуден кейін)	
Статика, пландағы Биіктік бойынша	5 мм + 0,5 x 10 ⁶ D
	5 мм + 2 x 10 ⁵ D
DGPS режимі	
Пландағы Биіктік бойынша	0.25 мм + 1 x 10 ⁵ D
	0.50 мм + 2 x 10 ⁵ D
Жұмыс температурасы, «С	-40° - +65»

«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, 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 кабельдермен 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

GNSS жүйесінің Trimble R7 – бұл бір қорапты жинақталған көп

каналды, көп жылікті GNSS қабылдағышы мен қысқа толқынды (УКВ) радиомодем.

TrimbleR - Track технологиясы – ғаламдық жерсеріктік навигациялық жүйесінің жаңа буыны (GNSS).

Trimble R7 GNSS қабылдағышында жаңартылған RTK процессорлы *Trimble R-Track* технологиясы қолданылады. Ол жаңартылған GPS-тің L2CL5 және ГЛОНАСС жүйесінің сигналдарын қабылдайды.

GNSS жүйесіндегі Trimble



40-сурет. Trimble R7 GNSS жүйесінің технологиясы: а) – Базалық станция: 1-антенна; 2-қабылдағыш. ә) – Далалық ровер: 1-антенна; 2-контроллер; 3-қабылдағыш; 4-радиомодем антеннасы.

R7 – *Integrated Surveying* технологиясын қамтыған. *Trimble Survey Controller* программалары GNSS технологиясының файлдарымен тахеометр деректерін біріктіріп, *Trimble Business Center* программасын өңдеу үшін дайындайды.

Trimble Zephyr Geodetic 2 антенна база ретінде қолдану кезінде сигналдардың жан-жақтан шағылысуын төмендетіп, өлшеу нәтижелерінің дәлдігін арттырады.

Trimble Zephyr 2 антеннасымен Trimble R7 GNSS жылжымалы қабылдағыш ретінде қолданылады. Сонымен қатар, *Trimble R7 GNSS* аспабы –

Trimble TSC2 контроллерімен сымсыз қосылуына байланысты, *Bluetooth* модулімен жабдықталған.

8.1.2. Trimmark 3 Trimble радиомодемі

Trimmark 3 радиомодемі GPS - құрал-жабдықтарымен бірге қолдану үшін жасалған. Аспап әртүрлі 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).



41-сурет. 5700 сериялы GPS қабылдағышы мен радиомодем

Trimmark 3 радиомодемi 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 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 программасы қамтылған контроллер көмегімен тез жұмыс бабына келтіріледі немесе радиомодемде орнатылған бақылау (контрольды) панелімен орындалады.

8.1.3. Trimble R8 GNSS – қабылдағышы

Trimble R8 GNSS жүйесі – бұл көп каналды мультижүйелі GNSS – бір қорапта жинақталып орналасқан қабылдағыш, антенна және біріктірілген радиомодем. Аталмыш аспап максимальды дәлдік және өнімділікпен қамтамасыз етеді. GPS және R-track технологиясының жүйесін модернизациялау арқылы жетілдірілген RTK-процессор мен R-Track технологиясынан туындаған Trimble R8 GNSS қабылдағышын GPS-тың жаңа буынды L2C және L5 сигналдарын, сонымен қатар L1/L2 жиілігіндегі ГЛОНАСС жүйесінің сигналдарын қабылдауға қолдануға болады.

Аталған сигналдарды далалық жұмыстарда қолдану кезінде кәсіби геодезистерге айтарлықтай көмек болатыны анық. Яғни жоғарғы дәлдікті геодезиялық жұмыстарды жүргізуге бейімделген.

Trimble R8 GNSS жүйесі өз құрамына контроллердің программасын қамтып, сенімді қабылдағыш далалық сынаудан тиімді өтуде. Жылжымалы қабылдағыш (ровер) далалық жұмыста қолдануға өте қолайлы, өйткені аспап сыртқы әсерлерден сақталған, жеңіл және контроллермен жұмыс істегенде сымсыз қосыла береді. Қабылдағыш базалық станция ретінде қолданыла беріледі. Trimble R8 GNSS жүйесінің базалық станция ретінде жұмыс істегенде байланыс құралы ретінде 450 МГц жиілікте жұмыс істейтін аспап ішінде орнатылған GSM/GPRS ішкі радиомодем пайдаланылып, интернет желісіне оңай қосылады. Ал жылжымалы қабылдағыш ретінде жұмыс істегенде Trimble VRS желісі пайдаланылады.



42-сурет. Trimble R8 GNSS – қабылдағышы

Өлшеу кезіндегі жұмыстық сипаттамасы:

- Trimble R-Track технологиясымен толықтырылуы;
- Жаңартылған GNSS - Trimble Maxwell 6 чипты Custom Survey 220 каналды;
- Жоғарғы дәлдікті GNSS өлшеу корреляторы;
- Бір мезгілде жерсеріктік сигналдарын бақылау:
 - GPS: L1C/A, L2C, L2E (L2P), L5
 - ГЛОНАСС: L1C/A, L1P, L2C/A (тек ГЛОНАСС М үшін), L2P
 - SBAS: L1C/A, L5
 - Galileo GIOVE-A и GIOVE-B

7-кесте

Trimble R8 GNSS жүйесінің техникалық сипаттамасы

Дифференциалдық кодталған GPS түсіріс	
Планда	ОКҚ $\pm 0,25$ м + 1 мм/км
Биіктік бойынша	ОКҚ $\pm 0,50$ м + 1 мм/км
WAAS	<5 м (3 ОКҚ)
Статикалық және жылдам статикалық түсіріс	
Планда	ОКҚ ± 5 мм + 0,5 мм/км

Биіктік бойынша	ОКҚ ± 5 мм + 1 мм/км
Кинематикалық түсіріс	
	ОКҚ ± 10 мм + 1 мм/км
	ОКҚ ± 20 мм + 1 мм/км
Инициализация уақыты	шамамен 10 секунд төңірегінде
Аппараттық сипаттамасы	
Физикалық	
Пішіні (Е×Б)	19 × 11,2 см
Салмағы	Ішкі батареясын, ішкі радиомодем және стандартты УКВ антеннасын есептегенде 1,35 кг. Мобильды RTK комплектісінің салмағы 3,71 кг, Оның ішіне батарея, вежа және кронштейні бар контроллер
Температурасы	
Жұмыс істеу	от -40 °C до $+65$ °C
Сақтау	от -40 °C до $+75$ °C
Ылғалдылық	100%, конденсирленген

Integrated Surveying технологиясының R8 GNSS жүйесі Trimble Integrated Surveying™ технологиясы бойынша жасалған құралжабдықтармен жұмыс істеуге бейімделген. Программасының тиімділігіне байланысты орындаушының GPS деректерін және дәстүрлі өлшеулерді бір файлда жинай алады. Сонымен қатар Trimble R8 GNSS аспабы IS Rover комплектісінде тасмалданатын вешкаға призма орнатылған соң және роботталған Trimble S6 тахеометрімен байланысты орнатқаннан кейін жұмыс істей береді. Мұндай аспаптарды бір жүйеге жинақтау шешімі геодезистерге жұмыс өнімділігін арттыру үшін тиімді болатыны анық.

8.1.4. Spectra Precision EPOCH 50

Spectra Precision EPOCH 50 – жоғарғы дәлдікті көпжилікті 220 каналды GNSS қабылдағышы, статика, кинематика, сонымен

қатар нақты уақытта өлшеуге арналған режимдерімен қамтылған. Мультижиілікті GNSS – қабылдағышы *Spectra Precision Epoch 50* - алтыншы буынның аспабы болып табылады. VRS желісіне арналған тиімді аспап. Техникалық сипаттамасы бойынша Trimble R8 GNSS қабылдағышына сай келеді.

EPOCH 50 жерсеріктерінен бір мезгілде сигналдарды бақылай алады:

- GPS: L1/ L2/ L2C/L5
- ГЛОНАСС: L1/ L2
- SBAS (WAAS/EGNOS): L1 C/A, L5
- Galileo: GIOVE-A и GIOVE-B

Жаңадан жасалған EPOCH 50 жұмыста қолдану кезінде антеннаның фазалық центрінің жоғарғы тұрақтылығын қамтамасыз етеді, яғни фазалық өлшеулердегі мәндердің бірдей болмау сенімділігін арттырып орындалатын бақылау дәлдігін арттырады. Қолайлы (антенна және қабылдағыш бір блокта орналасқан) және жеңіл (ішкі батареясымен салмағы 1,34 кг). Spectra Precision EPOCH 50 GNSS қабылдағышы ішкі радиомодем және контроллерге қосуға арналған Bluetooth технологиясымен жабдықталып сымсыз жұмыс істейді. 64 МВ-ты ішкі жадысы статикамен жұмыс істеуде 5 секунд аралықта жазу реті бойынша 14 тәулікте үздіксіз жазуға жетеді.

EPOCH 50 қабылдағышының ішкі радиомодемы деректерді қабылдау және тарату мүмкіндіктермен қамтылған, сондықтан оны Base немесе Rover есебінде қолдануға болады. Нақты уақыт аралығында түсіру үшін бұл қабылдағыш GSM / GPRS / CDMA сыртқы модемдерімен қолданады. Сонымен қатар қабылдағыш желелік режиммен де жұмыс істейді. Желілік RTK базалық станцияны қажет етпейді, яғни экономикалық тиімді, әрі базалық станцияны орнатуға, іске қосуға кететін уақытты шегергенде жұмыс өнімділігі артады.

Өлшенген деректерін Spectra



43-сурет. - GNSS қабылдағыштары SP EPOCH 50 (Base+Rover+ПО)

Precision Survey Pro программасымен өңдейді, ол барлық Spectra Precision контроллерінде орнатылған. Өлшеуден кейін алынған алғашқы GPS/GNSS деректерін офистік Spectra Precision Survey Office программасымен өңдеп, оларға теңестіру жүргізіледі.

Контроллерге қосылу кезінде:

- Сантиметрлік дәлдікпен RTK түсіріске арналған екі жылікті GPS и ГЛОНАСС (GNSS) өлшеу жүргізу, жеңіл, эргономды және компакты құрылым;

- Ішкі сымсыз Bluetooth байланыс технологиясы;

- Сенсорлық экранда жерсеріктерін бақылауға және қолданбалы программамен деректерді жазуды, жобаларды басқаруға арналған түрлі түсті индикаторлар;

GPRS арқылы желілік RTK-ға байланыс.

8-кесте

SP EPOCH 50 техникалық сипаттамасы

Каналдар саны	220
Жилігі	GPS (L1/L2/L2C/L5), ГЛОНАСС (L1/L2), SBAS/WAAS/EGNOS (L1C/A, L5), Galileo GLOVE-A и GLOVE-B
Коммуникациялық порттар	1 тізбектей, 1 сыртқы тоқ көзі, 1 антенналық, 2 Lemo
Деректерді жанарту жилігі	1 Гц, 2 Гц, 5 Гц, 10 Гц, 20 Гц
Статика	ОКҚ план бойынша ± 3 мм + 0,1 мм/км, биіктік бойынша ± 5 мм + 0,4 мм/км
Кинематика	ОКҚ план бойынша ± 10 мм + 1 мм/км, биіктік бойынша ± 20 мм + 1 мм/км
Антенна	Ішінде орналасқан
Басқару	Контроллерден және қабылдағыштан
Модем	база - УКВ ішіне орнастырылған (стандарт) немесе сыртқы GSM (опция), ровер - ішіне орнастырылған (стандарт) немесе сыртқы GSM
Судан және шаңнан сақтау	IP67
Жады көлемі	64 Мб

Жұмыс істеу температурасының диапазоны, ° С	-20 тан +55 дейін
Корек көзі	Ішкі аккумуляторлық батарея, кернеулігі 7,4В
Жұмыс істеу уақыты, сағ	5
Пішіні, мм	190x107x200
Салмағы, кг	1,34

Осы аспапқа қатысты VRS (Виртуалды референцтік станция) желісін құру тиімді болып табылады, өйткені байланыс үлкен аумақты қамтып, станция санын азайтады. VRS желісі кем дегенде, үш станцияда құрылуы мүмкін, станция арасының тиімді арақашықтығы 50-70 км құрайды, бірақ кейде 150 км дейін болады.

8.1.5. *LEICA GPS1200*

LEICA GPS1200 - жаңа перцизиондық GPS процессорының, RTK режиміндегі мәндердің бірдей болмауын тез шешудің жаңа алгоритмдерінің барлығын қоршаған орта әсерінен сақтаудың әскери стандарттарына сай болуы – бұл GPS жабдықтарын кез келген жағдайда, әртүрлі геодезиялық жұмыстарды орындауға мүмкіндік туғызады.

Программалық қамтамасыз етілуі: жұмысқа дайындау, мәліметтерді беру, орындаған жұмыстарды график түрінде бейнелеу, түсіріс тораптарын теңдестіру. Сонымен қатар, координаталарды әртүрлі жүйеге көшіру, нәтижелерді түрлі жүйеге, мысалы ГАЖ-ға шығару.

SKI Pro – GPS мәліметтерін өңдеу мен сақтаудың ең жоғарғы дәрежеде автоматтандырылған программа пакеті болып есептеледі.

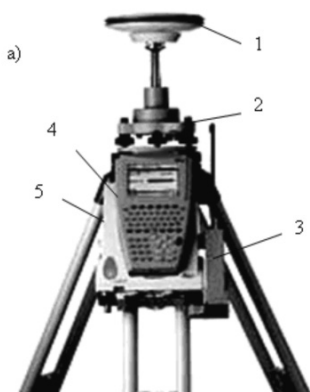
■ *GPS технология SmartTrack* – GPS1200 қабылдағыштарының SmartTrack технологиялық процессоры 1 сек ішінде көрініп тұрған жер серіктерінен сигнал алуға, жер серіктерінің биіктіктерін ең кіші бұрыштарымен бақылауға болады. Басқа жер серіктер қабылдағыштары жұмыс істей алмайтын жағдайларда, мысалы, ағаштың түбінде немесе жарық сәулелері көп жағдайда, өлшеуге мүмкіндік береді. Әлбетте, бұл GPS оларды өлшеулерінің өнімділігіне кепілдік береді.

SmartTrack – технологиялық антенна пішіні кіші болса да, SmartTrack технологиялық жаңа антенна дәлдігі, жоғары сигналдары алуды қамтамасыз етеді (*2I-сурет*).

Тахеометр ішіндегі мәліметтердің толықтығын, мониторинг жүргізу жүйесі алынған барлық нәтижелерді тексеріп отырады.

9-кесте

GPS1200 қабылдағыштары			
GX1230	GX1220	GX1210	GRX1200 Pro
▪ Әмбебап қабылдағыш, барлық типтерге арналған ▪ 12 L1 + 12 L2 ▪ Деректерді жазу ▪ RTK және DGPS толығымен қамту ▪ Мобильді немесе базалық станция ретінде қолданылады	▪ деректерді жазу ▪ 12 L1 + 12 L2 ▪ Опция: DGPS	▪ деректерді жазу ▪ 12 L1 ▪ Опция: DGPS	▪ CORS қабылдағышы базалық станция ретінде жұмыс істейді ▪ Жазу, RTK & DGPS ▪ Компьютерлік желі арқылы жазу



44-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

■ SmartCheck - 30км RTK режимі

RTK режимінде өлшеулер (нақты уақыттағы кинематика) бұрынғыға карағанда ең жылдам, дәл және сенімділігін көрсетті. SmartTrack технологияларымен алынған SmartCheck өлшеулерді 1 см дәлдікпен өңдейді. 30 км-ге дейінгі және одан да жоғары сызықтарды 20 Гц жиілікпен өлшеуге болады. Өлшеулер бірнеше секунд жүргізіледі. Түсірістер қолданылмаған RTK режимінде ағаштар түбінде жүргізіле береді.

GPS1200 тахеометріндегі *SmartTrack* көптеген GPS жүйелері үшін жоғарғы дәлдікті нәтижелер алуға мүмкіндік береді. Антенна ылғалдан қорғалған, жеңіл және сенімді.

8.1.6.Торсон GB-1000 қабылдағышы

Модульді TOPCON технологиясы бойынша орындалған 40 каналды 1–2 жылікті (L_1, L_2) және (Glonass/Navstar) жиынтығының қабылдағышы.

Сұйық кристалды дисплейі жер серіктер шоғырын, қабылдағыш статусын, RTK режиміне ауыстыру және статика режимінде басқарып бақылауға арналған панелі бар. Compact Flash жады картасына арналған «слот» және USB, serial, Ethernet порттарымен қамтылған. LAN, VAN, internet байланыстырының барлығымен жұмыс істейді.

Мысал ретінде SR 1200 (Leica, Швецария), 4600LS Suveror (Trimble, АҚШ), Geotracer 2100 (Geotronics, Швеция), Pro Mark II (Thobes, Франция), т.б. қабылдағыштары бола алады. Қабылдағыштың аталған типтері жылдам әрекет етуші статикалық режимге де “Жылдам статика” және Stop/



45-сурет. Штативке орнатылған Торсон GB-1000 қабылдағышы

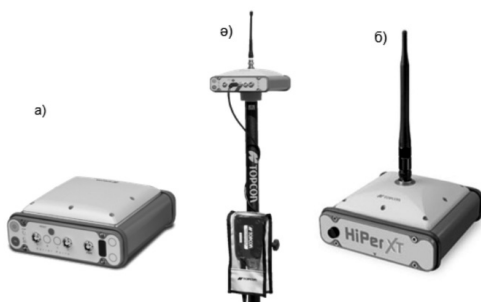
Go (тұрмын/келемін) деп аталатын жартылай кинематикалық режимге де бейімделген. Оларды қолдану оңай, салыстырмалы түрде жеңіл әрі электр энергиясын аз қажет етеді. Осындай қабылдағыштар мен аталған өлшеу режимдерінің үйлесімінде, өлшеу дәлдігі шамамен, 2 см деңгейде биіктігі бойынша 5 см, орташа квадраттық қателіктермен сипатталады. Жерсеріктік технологияға

тән әдістер тек сызықты шамамен ғана емес, бағытымен де сипатталатын, кеңістікте бағытталған векторларды алуға мүмкіндік береді. Олардың соңғы қасиеті – қателігі бірнеше бұрыштық секунд азимуты бағытын анықтау үшін, суретке түсіру кезінде қолданылады. Бұл дәлділік ең алдымен, пункттер арасындағы арақашықтыққа тәуелді және ол қашықтығы артқан сайын өседі.

8.1.7. Topcon HiPer

Жоғарғы дәлдікті және тез өлшеулерге арналған Topcon фирмасының геодезиялық HiPer сериялы 40-каналды GPS+қабылдағышы.

Бұл аспаптар ішкі радиомодем және антеннамен кешенді түрде жинақталады. Статикалық түсіріске бір жылікті қабылдағыш қолданып, оны екі жылікті жүйеге толықтыруға, сонымен қатар сыртқы модеммен RTK режиміндегі түсіріске пайдалануға болады.



46-сурет. Topcon HiPer қабылдағыштары:

а) HiPer+ L1; б) HiPer+ в) HiPer XT.

Сымсыз Bluetooth интерфейсі далалық жұмыс кезінде қолдануға өте тиімді келеді.

Жұмыс сипаттамасы:

• Екі жүйеде сымсыз жұмыс істейтін (GPS+ГЛОНАСС) технологиясы;

- Деректерді сымсыз таратуға арналған BlueTooth™ технологиясы;
- Жадысын 1Гб-қа дейін кеңейтуге болады.
- Ішкі УКВ модемы
- Ішкі дәл GPS антеннасы
- RTK радиомен қамтылған
- Сыртқы модемы кез келген GPS жүйесімен жұмыс істейді
- Өңдеу программасы кең түрде тараған
- GSM және CDMA стандарттағы модемды қолдану

ГЛОНАСС режимі. Бұл режим өлшеу жылдамдығын, сенімділігін және нәтижелерінің дәлдігін жоғарылатады.

HiPer қабылдағышының техникалық сипаттамасы

Модель	HiPer+ L1	HiPer+	Hiper XT
Жерсеріктік 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			
Статика (план)	3мм + 0.5мм/км (L1+L2) 5мм+1.5мм/км (L1)		
Статика (биіктік)	5мм + 0,5мм/км (L1+L2) 10мм + 1,5мм (L1)		
Кинематика (план)	10мм + 1мм/км (L1 + L2)		
Кинематика (биіктік)	15мм + 1,5мм/км (L1 + L2)		
Жер серіктерін ұстау уақыты			
Салқын кезде қосылу	< 60с		
Жылы старт	< 10с		
Белгілі нүкте бойынша	< 1с		
Интерфейс және байланыс			
Интерфейстік порттар, 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 контроллері		
Радио			
Радиомодем	Жоқ	Rx (400 – 470МГц)	Rx/Tx (915МГц)
Радиомодем күші	-		2Вт дейін

8.1.8. FC-2000 Контроллер

FC-2000 TOPCON компаниясының жаңа далалық контроллер-жинағышы. FC-2000 жоғарғы жылдамдықтағы 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 микропроцессор 400 МГц;
- толықтырылған клавиатура;
- Bluetooth™;
- ауыспалы жады картасы Compact Flash;
- 2 COM порт және USB;
- ауыспалы Li-Ion батареи (Handy-cam).



47-сурет. FC-2000 Контроллері

8.1.9. Контроллер FC-100

FC-100 FC-2000 TOPCON компаниясының жаңа далалық контроллер-жинағышы. FC-2000 жоғарғы жылдамдықтағы Intel PXA255 X-Scale 400 МГц процессор негізінде жасалған. TopSURV программасы TOPCON жерсеріктік қабылдағыштарының және электрондық тахеометрлерінің барлық түрінде қамтылған.

TopSURV:

- GPS+ - GPS/ГЛОНАСС қабылдағыштары
- mmGPS - mmGPS технологиясы
- Roding – жол жұмыстары
- Түрлі-түсті контрасты сенсорлы экран
- Жоғарғы жылдамдықты микропроцессор 400 МГц 64MB ОЗУ
- Толықтырылған клавиатура
- Bluetooth™
- Ауыспалы жады картасы Compact Flash
- 2 COM порт және USB
- Ауыспалы Li-Ion батареясы (Handy-cam)



48-сурет. FC-100

FC-100 контроллерінің техникалық сипаттамасы

Параметрі	Сипаттамасы
Ішкі	
Микропроцессор	Intel PXA255 Xscale
Процессор жиілігі	400 МГц
Операциялық жүйе	Windows CE.NET 4.2
Жад	Eboot: 512 Мб SDRAM 32 Мб ROM: 64 Мб
RAM жадында сақтауы	<20 секунд
Сырт	
Дисплей	QVGA түрлі-түсті TFT, 240 x 320 пиксель
Артқы жарық түсіретін жері	Жарық диодты жарық түсіру
Дыбыс	Ішкі динамик, герметикалық микрофон
Интерфейс	
Тізбектелген	RS- 232C (D-sub 9). USB (тип B mini) ver.1.1
USB	Тип B mini Ver1.1
SD Media	Иә
Compact Flash	1 x Type I/_ (Жады және I/O Card)
Басқару және енгізу	6 батырма жойстик, сенсорлы дисплей
Сыртқы ортадағы жағдайы	
Пайдалану температурасы	-20°C-тан +60°C-қа дейін
Сақтау температурасы	-30°C-тан +60°C-қа дейін

8.2. Жерсеріктік навигациялық қабылдағыштары

Жерсеріктік навигациялық жүйелердің аппаратурасы өндірістің барлық саласында және де адамзат ортасында кеңінен қолданылып, жалпыға ортақ құралға айналууда.

Жерсеріктік навигаторлар міндеті мен пайдалану мақсатына байланысты, автомобильді (автонавигаторлар), тасымалы, теңізді және т.б. болып бөлінеді Ең көп таралған түрі - Garmin, JJ-Connect және т.б. Мәліметтермен алмасуға арналған әртүрлі құралдар бар: жыл-

дам – USB сымы, CF тетігі, сымсыз Bluetooth және COM-порт (RS-232). Қазіргі уақытта көптеген телефондар GPS-қабылдағыштармен қамтылған. Ресейде көпжүйелі үшдиапазонды навигатор Glospace SGK-70 мен 72NV және басқада моделдер бар. Осы моделдер ГЛОНАСС, GPS, Галилео – секілді бір уақытта бірнеше навигациялық жүйелермен жұмыс жасай алады, бұл координаттарды анықтаудың, әсіресе, үлкен қалаларда, тығыз көшелерде, нақтылығы мен жылдамдығын арттырады.

«Глоспейс» SMILINK жүйесін қолдана отырып (жолдағы кептелістерді көрсетеді) айналып өту жолдарын құрастыра алады. Сигнал қабылдағыштары (ГЛОНАСС, GPS) бірнеше спутникалық жүйелермен жүргізе алады – 20 каналды қабылдағыш, бұл координаттарды анықтаудың жылдамдығы мен құрал жұмысының нақтылығын арттырады. Қосымша қызметтері: Фильм көру, суреттері, сыртқы құралдарды қосу мүмкіндігі бар.

20-каналдық жүйеде жұмыс істейтін, екі жүйелік (ГЛОНАСС/GPS) Glospace навигаторларының жиынтығы:

SGK-43 сенсорлы сұйықкристалды TFT экранымен, диоганалы 4.3 дюймді, 2D/3D жады карталары бар, GSM (GPRS) жолдағы кептелістерді көрсететін Windows CE 5.0 модулі енгізілген;

SGK-72NV- моторлы үлкен форматты сұйықкристалды сенсорлы TFT монитормен, пішіні 7 дюймді, 2D/3D жады карта-сы, қашықтықтан басқарылатын көпқызметті пульті, TV-тюнер мультимедиялық жүйесі бар, радио-тюнер және DVD-плеер қамтылған. MEA 0183 – GPS қабылдағыштар мен компьютер арасындағы мәліметтердің стандартты алмасуы.

8.2.1. *eTrex-тің навигациялық GPS қабылдағышы*

eTrex-тің навигациялық GPS қабылдағыш сериялары (12 каналды GPS-тары), шағын, жайлы және қолдануға қолайлы. Қабылдағыштың басқару батырмалары қабының қырында орналасып, бір қолмен жұмыс істеуге қолайлы және қол мен дисплейге кедергі жасалмайды. AA типті екі батареясы үздіксіз 18 сағат бойы жұмыс істеуге мүмкіндік береді. eTrex сериялы барлық қабылдағыштар “Trac Back” функцияларымен қамтылған. Ол қажет жағдайда кері бағытта маршрут жасап, бастапқы нүктеге

қайтып оралады. 12 параллельді каналдар тұрғылықты жерде тез бағыттауға және жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Стандартты жинаққа: 12 каналды қабылдағыш, енгізілген портативті антенна және қолдану нұсқаулары кіреді.

eTrex Legend қабылдағышының *Etrex* және *Etrex Summit* модельдерінен айырмашылығы, аспаптың іске қосу бөлігі 5 Click Stick – қалыпты жағдайынан тұрады да, онымен жұмыс істеуде аспап өте қарапайым, қолайлы. Қабылдағыштың ішкі жадысында әлем картасының ақпараты орнатылған. Оның құрамын жалпы бағыттағы: өзен, көл, теңіз, қалалар, саяси шекаралар, негізгі жолдар сияқты ақпараттар құрайды. Сонымен қатар, *etrex Legend* картографиялық ақпараттарды енгізуге арналған қосымша 8 Мб жадымен қамтылған.

Аспап жиынағында: 12 каналды қабылдағыш пен электронды компастар, құрамындағы портативті антенна, eMap нұсқауы болады. Аспап салмағы 190 г, үлкен сұйық кристалды дисплей, пішіні 4,3х5,6 см.

ЕМар құрамына қала, ірі өзендер, көлдер, барлық елдердің көлік жолдары, сонымен қатар ТМД елдері туралы ақпараттар енгізілген. АА типті екі батареямен 12 сағат бойы жұмыс істейді. Аспап жиынағына: 12 каналды қабылдағыш, халықаралық картографиялық деректер, оның құрамында негізгі қалалар, өзен және көлдер, портативті антенна, қол бауы, қолданушы нұсқаулары кіреді.

8.2.2 *Garmin GPSMAP 176C/176/276 серияларының GPS қабылдағыш навигаторлары*

Garmin GPSMAP 176C қабылдағышы – жартылай стационарлы теңіз навигаторы ретінде жасалған. Бұл аспапты әмбебап жартылай – стационарлы-картплоттер ретінде теңіз кемесінің капитандарына және автомобилистерге ұсынуға болады. Жоғары сапалы үлкен түрлі түсті экранмен қамтылған.



49-сурет. Жерсеріктік Garmin навигаторлары: а) 1 - растау пернесі; 2 - маршрутты бағыттау; 3 - меню; 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

8.2.3. Картографиялық мүмкіндіктері

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 (*MemoryStickPROD/card*) жазылады. GPSmap 176 және 176C навигаторлары үшін 8, 16, 32, 64, 128, 256 МБ немесе одан да жоғары көлемдегі *MemoryStickPROD/card* 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 (Basemap) жоғалмайды.

8.2.4.Қолдану саласы

Алғашқы кездері GARMIN GPSmap 176C қабылдағыштарын теңізге ғана арнап шығарған еді. Қазіргі кезде бұл GPS навигаторларының танымалдығы автомобилист араларында ауқымды артты. Сонымен қатар, GPS қабылдағышын портативті навигатор ретінде қолдануға болады. Ол пішіні жағынан өте ыңғайлы, қалтаға салып жүруге болады (49 а, ә-сурет).

GPSmap 176 навигаторларының сериясы өте әмбебап. GPSmap 176 навигаторларының сезімталдығы GPS V қабылдағышына ұқсайды, бірақ GPS II Plus және GPS III Plus навигаторларына карағанда, жұмыс істеу қабілеті және мүмкіндігі төмен.

12- кесте

GARMIN GPSmap навигаторының техникалық сипаттамасы

Қабылдағыш түрі	12 канал
Нүкте саны (Waypoints)	3000 атымен 10 символдан құралған
Маршрут саны (Routes) / маршруттағы нүкте	50/50
Сақталған траекторий (Tracks) саны	15 +
Жол журналындағы нүкте сыйымдылығы (Tracklog),	2500
Картографиялық деректер базасы	Енгізілген әлем картасы, Еуропаның 10-мильді автожол картасымен (сонымен қатар РФ батыс жағы), Mapsource CD пайдалану және BlueChart картридж
Қосымша картографиялық опциясы	Тек 8, 16, 32, 64, 128 немесе 256 МБ жады картриджын салған соң
Жадысы, Мб	8, 16, 32, 64, 128 немесе 256 МБ жады картриджы қосымша алынады
Экран түрі	LCD 16 түс

Экран пішіні (биіктік x ені), пикс.	240x320
Экранды жарықтандыру	Көп деңгейлі
Қосымша антенна қосу мүмкіндігі	сыртқы антенна немесе BNC тетікті антенна
Кері жолды іздеу функциясы TracBack	+
Судан қорғануы	IPX7
Автономды жұмыс істеу уақыты, сағ.	2-16 (4 AA типті батарея)

8.2.5. GARMIN GPS- таp176C навигаторының қосымша параметрлері

Бұл аспап көлікте, су және әуе кемелерінде қолдануға арналған аспап. Аспап судан қорғалған, су астында ұзақ уақыт жатады (стандарт IPX7). Экран жарықтандырылады. Жүрген орнынан барған жерде, бағыттан ауытқығанда, қажетті нүктеге жақындағанда, биік және төмен жерде дыбысты сигнал шығарады. WAAS және USCG дифференциалды сигналдарын қамтиды. Деректі тиімді меңгеру үшін экрандағы «үлкен сандар» режимінде жұмыс істеу мүмкіндігі, енгізілген кесте тізбегінде: жыл, күннің шығуы және батуы; судың жиналуы және тартылуы; күн және айдың нақты уақытта орналасуы, орны, балықшыларға және аңшыларға арналған күнтізбе бар. Бұл күнтізбе осы ендікте қандай уақытта балық аулауға және аңға шығуға болатыны жайлы теориялық мәліметтерді бере алады. Жұмыс жағдайына шығу: «жылы старт» – 15 секундқа дейін, «суық старт» – 45 сек-қа дейін, AutoLocate режимі – 2 мин. дейін. Деректерді секундына бір рет жаңартады.

8.2.6. GPS III Plus

Бұл картографиялық мүмкіндіктері бар, жеке GPS қабылдағышы. Қабылдағыштың жадысына әлем картасы енгізілген. Оның құрамы жалпы бағыттағы ақпараттарды: өзенді, көлді, теңізді, қалаларді, саяси шекараларды, негізгі жолдарды құрайды.

GPS III Plus жеке компьютерге қосқан кезде, компакт-дискіден

қосымша 1,44 Мб көлемдегі картографиялық ақпараттарды жазуға болады. Сонымен, қабылдағыш құрамындағы ақпараттардың жеке детальдары 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, жадында халықаралық базалық картографиялық деректер еңгізілген, оның құрамын негізгі жол, қала және өзен мәліметтері және портативті антенна, белбеу, бекіткіш “velcro”, World Map CD құралдары құрайды.

8.3. GPS қабылдағыштарының жалпы жіктемесі

GPS-тің барлық қабылдағыштарын екі категорияға: үздіксіз кем дегенде 4 жер серігін бақылай алатын, көпарналы (көпканалды) қабылдағыштармен, жерсеріктермен біреуінен екіншісіне тізбектей ауысып, қосыла жұмыс істейтін бір арналы қабылдағыштар деп бөлуге болады. Бұл категориялардың әрқайсысының ішінен көптеген топтарды бөлуге болады.

8.4.Тізбекті бақылайтын қабылдағыштар

Орынның нақты координаталарын анықтау үшін, барлық GPS қабылдағыштар – ақпаратты кем дегенде, 4 жер серігінен алуы тиіс. Тізбекті қабылдағыштарды тек бір арнамен орналастырады. Оның көмегімен олар алдымен ақпаратты бір жер серігінен, содан кейін екіншісінен, үшіншісінен, т.б. алады. Басқа қабылдағыштармен салыстырғанда, олардың күрделілігі жоғары емес, демек қымбат емес. Сонымен қатар, олар шамалы энергияны тұтынады. Кемшілігі – жер серіктерін тізбектей қайта қосу, әрдайым позициялау процесінің үздіксіздігін қамтамасыз ете бермейді де, өлшеу дәлдігін шектейді. Бір арналы қабылдағыштар, динамикасы төмен объектілерде қолданылады. Бұл топқа – энергияны аз тұтынатын, арнаны лезде қосып тұратын бір және екі арналы қабылдағыштар кіреді.

8.5. Энергияны минималь тұтынатын бір арналы қабылдағыштар

Әдетте, бұл – миниатюрлі қоректену батареикасынан жұмыс істеуге есептелген, портативті қабылдағыштар. Мұндай қабылдағыштардағы энергиямен қоректенуді шектеу үшін позициялау – өлшеулер арасындағы аралықтардағы қоректенуді автоматты түрде өшіріп отырады да, минутына 1 не 2 рет орындалады.

Бұл қабылдағыштар жаяу саяхаттағанда не ернеулі қоректендіру көздері жоқ кішкене кемелермен серуендегенде оның күйін анықтауға қолданылады. Оны жер шарының кез келген нүктесінде пайдалануға болады.

Мұндай қабылдағыштың басты кемшіліктері – дәлдігі төмен, шектелген жылдамдықты дәл өлшей алмайтындығы. Себебі, қабылдағыш өлшеулер аралығында өшіріліп қояды. Сондықтан жылдамдықты есептеуге қажетті үздіксіз жұмыс қамтамасыз етілмейді. Сонымен қатар мұндай қабылдағыш-тарда энергияны аз пайдаланатын сағаттар пайдаланылады және ол сағаттардың жүру дәлдігі жоғары емес. Бұл қабылдағыштар негізінен навигациялық мақсатта қолданылады.

8.6. Бір арналы қабылдағыштар

Мұндай қабылдағыштар, барлық жер серіктерінің ұзақтығын өлшеу үшін бір арнаны пайдаланады. Олардың басты артықшылығы – энергияны тұтыну бойынша шектеудің болмауы. Ал негізгі артықшылығы – қабылдағыштардың үздіксіз жұмыс істеуі.

Бұл олардың бағытының едәуір үдеуі немесе күрт өлшеуі болмаған кездегі жылдамдығын өлшеу мүмкіндігі мен жоғары дәлдігін анықтайды (бірақ үздіксіз). Жалғыз арна жер серігінен акпараттарды жинау мен олардың ұзақтығын есептеу үшін де қолданылатындықтан, осы қабылдағыштардың көмегімен үздіксіз позициялау мүмкін емес. Бұл кластың кейбір қабылдағыштарында бағасын төмендету үшін өте арзан сағаттар қолданылады. Сондықтан, жылдамдықты өлшеу нәтижелері өте дәл болмауы да мүмкін.

8.7. Арнаны жылдам қосатын бір арналы қабылдағыштар

Бұл қабылдағыштар бір арналы қабылдағышқа ұқсайды. Бірақ, арнаны бір жер серігінен, екіншісіне қосу әлдеқайда жылдамырақ. Мұндай шешімнің артықшылығы – олар жер серігіне дейінгі аралықты өлшеп, бір уақытта «ақпараттық мәліметтерді» қабылдай алады. Бұл олардың іс-әрекетінің үздіксіздігін қамтамасыз етеді.

Электрондық сызбанұсқалардың техникалық күрделілігі түріне байланысты, бұл қабылдағыштардың бағасы едәуір тез әрі дәл жұмыс істейтін екі арналы қабылдағыш бағасымен теңестіріледі.

8.8. Екі арналы ретті (тізбекті) қабылдағыштар

Екінші арнаға байланысты мұндай қабылдағыштардың мүмкіндіктері айтарлықтай ұлғайтылуда. Біріншіден, сигнал / шу қатынасы екі есе өседі. Ол қабылдағышқа сигналды сенімді, әрі қолайлы жағдайда алуға және көкжиекте орналасқан спутниктерді қадағалауға мүмкіндік береді.

Бұл типтегі қабылдағыштар позициялау үшін берілген арналардың біреуімен бір мезгілде үздіксіз қабылдап, ал екіншісі бойынша, келесі жер серігін ұстап алуға және олармен әрі қарай жұмыс істеуге даярлауға мүмкіндік береді. Демек, навигациялық деректерді екі арналы қабылдағыштарда жинау мен өңдеу процесі үздіксіз өтеді. Ал жылдамдықты өлшеу процесі жоғары дәлдікте орындалады.

Екі арналы қабылдағыштың кемшілігі – құны (бағасы) жоғары, үлкен мөлшердегі энергияны қажет етуі.

8.9. Үздіксіз әрекеттегі қабылдағыштар

Мұндай қабылдағыштар бір уақытта 4 және одан да көп GPS жер серіктерін бақылайды. Сондай-ақ, олар дисплейге ағымды координаталар мен жылдамдық мәндерін лезде шығара алады. Олар өте жоғары дәлдікті талап ететін немесе динамикалық жұмыс жағдайларда жүргізілетін жерлерде, сондай-ақ, бұл қабылдағыштар көбінесе, геодезиялық және ғылыми өлшеулерді орындаған кезде

қолданылады. Бұл қабылдағыштарда 12 арнаға дейін бар. Объект координаталарын үздіксіз анықтаумен бірге, олар дәлдікті азайтудың геометриялық факторының әсерін минимумға дейін жеткізуге мүмкіндік береді (GDOP).

Кейбір көп арналы қабылдағыштар өздерінің алдындағы барлық жер серіктерін қадағалайды. Ол – дәлдікті азайтатын геометриялық фактор әсерін нөлге дейін келтіруге мүмкіндік береді.

4 арналы қабылдағыштардың сигнал/шу коэффициенті екі арналыға қарағанда 2 есе, ал 1 арналыға қарағанда, төрт есе үлкен. Мұнда арналарды бір-бірімен салыстыру – қабылдағышты калибрлеуге мүмкіндік береді. Ол құрал-жабдық қателіктерінің салдарынан дәлдікті төмендету мүмкіндігін жойды. Көп арналы қабылдағыштың кемшіліктеріне – олардың габаритін, құнын және тұтынатын қуатын жатқызуға болады.

Жаңа жүйелердің қабылдағыштары кездейсоқ жалған кодтарды да, ЖНЖС сигналының пайдалану жиілігін де бір уақытта қадағалап, жоғары дәлдікке жеткізеді. Бұл процесті “пайдаланушы арқылы қадағалау” деп атайды. Мұндай әдісті пайдалану, дәлдігі жоғары қабылдағыштарға кездейсоқ жалған код бағытының азаюын тауып алуға мүмкіндік береді. Бұл уақытша аралықтың, соңында орын координатын өлшеудің өте жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, қабылдағышты бағалаған кезде пайдаланушы интерфейсіне назар аударған жөн. Дисплейге ендігі мен ұзындығының мәнінен басқа, ештеңе бере алмайтын модельдер де кездеседі.

Қазіргі заманғы күрделі қабылдағыштар, базалы GPS ақпараттарын өңдеудің кешендік әдістерін пайдаланып, оған көптеген қосымшалар енгізеді. Олар ақпараттарды, рұқсат ету қабілеті жоғары дисплейге графикалық түрде немесе оларды, компьютерге енгізілген карталарда көрсете алады.

Бақылау сұрақтары

1. ЖРНЖ-нің қандай артылықшылықтары, оның пайдалану аймақтарын ұлғайтады?
2. ЖРНЖ-дегі қандай қателіктер геодинамикалық зерттеулерде негізгі рөл атқарады?
3. ЖРНЖ-ті сызықты, объектілер құрылысы кезінде пайдалану ерекшелігі неде?
4. Жерсеріктік қабылдағыштарды аэрофототүсіру процесінде қолданғанда қандай мәселелер шешіледі?

5. Геодезиялық GPS қабылдағыштарды, топографиялық түсіру кезінде кеңінен қолдануға қандай факторлар әсер етеді?

6. Жер серіктік өлшеулерде топографиялық түсіру мақсатындағы бөгеттерді қандай негізгі фактор құрайды?

7. Орман аумағын түсіру кезінде жерсеріктік технологияны пайдаланудың қандай ерекшеліктері бар?

8. Қандай жағдайларда нақты уақытта өлшеу мен өңдеудің кинематикалық режимін қолдануға болады?

9. Глобальды позициялау жүйесінің аспаптары айтыңыз?

10. GPS қабылдағыштары қайда қолданылады?

11. GPS өлшеу әдістерін айтыңыз?.

12. GPS жұмыс істеу принциптерін айтыңыз?.

13. Trimble GPS-қабылдағыштарының негізгі мақсаты қандай?.

14. TRIMMARK 3 радиомодемi қайда қолданылады?

15. TTS 5700 қабылдағыштарының геодезияда қолданылуы мақсаты неде?.

16. GPS III PLUS қабылдағыштарының негізгі мақсаты неде?.

17. GPS навигаторларының негізгі жасаушылары кім?.

18. Радиомодем деген не және не үшін пайдаланады?

19. Навигаторлардың картографиялық мүмкіндіктері қандай?

20. Навиациялық түсірістердің принципі қандай?

21. Кинематикалық әдісті түсіндіріңіз.

9-БӨЛІМ. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ӨЛШЕУЛЕРДІ ӨНДЕУ ПАКЕТТЕРІ

Leica Geo Office - тахеометр, нивелир және GPS/ГЛОНАСС қабылдағыштарынан алынған мәліметтерді басқаруға, шолып қарауға, өңдеуге, мәліметтердің импорттау және экспорттауға мүмкіндік беруші программа. Сонымен қатар басқа программалық өнімдер интерфейсімен басқарылады. Мәліметтерді талдау және өңдеу жекелей немесе ортақ жүргізіледі. Бағдарлама оқылуында және пайдалануында өте қарапайым Windows™-тің графикалық интерфейсінде құрастырылған [9].

Құжаттаманың барлық модульдері оқылуы мен пайдалануын жеңілдететін стандартты интерфейсті құрайды. Өртүрлі құрылғылардан: электронды тахеометрлерден, жерсеріктік қабылдағыштардан, нивелирлерден алынған мәліметтерді басқару стандартталған және бірінғай мәліметтер ағымымен басқарылады. Дамыған анықтамалық жүйе ағымдағы сұрақтарды шешудің сенімді акпарат құралдары.

Мәліметтерді басқару

Жобаның мәліметтерін басқарудың түрлі компоненттері, координата жүйелері, GPS антенналар, есеп берудің қалыптарын /шаблон/ және т.б. есеп беру деректерінің барлық түрлерінуін мүмкіндігінше қарапайым жасайды.

Өртүрлі графикалық аспаптар және көмекші функциялар кез келген нүктені, сызықты және т.б түзетуге мүмкіндік береді.

Кез келген элемент үшін жұмыстың барлық кезеңдеріндегі тұрақты тексеру. Егер нүкте бірнеше рет өлшенген болса, онда оның координатсы біркелкіленеді.

HTML-форматында пайда болған есеп берулер генераторы көріністі ыңғайлы келтіруге және қажетті мәліметтерді тез таңдауға мүмкіндік береді.

Мәліметтерді импорттауда, CompactFlash картасының жадысы, тікелей аспаптар, сонымен қатар мәтіндік файлдар немесе интернет арқылы жүзеге асыруға болады.

Нәтижелер экспортын кез келген CAD, GIS және басқа да картографиялық жүйелерде сызықтық нүктелік объектілер кодтары және атрибуттарын қоса жүргізуге болады.

Мәліметтерді өңдеуде LEICA Geo Office-ті бір рет жұмыстық

калыпқа келтіру арқылы барлық кезеңдерінде пайдалануға болады.

Бағалау дәлдігінің параметрі, өңдеудің реті, аспаптар панелі және ақпараттарды бейнелеу экраны, енгізу және шығару форматтары, мәтіндік мәліметтердің импорты және экспорты-барлығы өте тез және оңай келтіріледі.

LEICA Geo Office-те координаталар жүйесін анықтау функциялары және координаталардың бір жүйеден екінші жүйеге ауысу, координаталар жүйесін анықтау функцияларының толық кітапханалар жинағы: эллипсоидтар кітапханасы, геоидтар моделі және проекциялары бар, сонымен қатар алты әртүрлі координаталарды ауыстыру тәсілдері ауыстыру технологиясын таңдау және жобаның жақсы өңделуіне мүмкіндік береді.

LEICA Geo Office-тің негізгі мүмкіншілігі - бұл жергілікті WGS84 координаталар жүйесіне өрнектеуі жергілікті координаталар жүйелерін қолдауы болып табылады.

Модульдегі трансформацияланған координаттармен сіз әрбір (көрінген, барлық) координаттар жүйесінде жұмыс істей аласыз, немесе локальді WGS84, және координаттарды бір жүйеден екінші жүйеге түрлендіре аласыз.

9.1. GPS деректерін (мәндерді, мәліметтерді) өңдеу

Бұл модуль GPS-тің барлық өңделмеген деректерін өңдейді. Ең негізгі қосымшаларының бірі – геодезиялық тірек торларындағы базалық сызықтарды классикалық өңдеу. Сонымен қатар бұл модуль радиомодемді байланыс аясы жоқ жерде, RTK түзетулері берілмеген кезде нүктелердің траекториясын анықтауға қолданылады. GPS1200-бен түсіріс жүргізудегі бүтіндікті тексеруден басқа, сол кездегі өлшеулерді пайдаланушы LEICA Geo Office-тің көмегімен толығымен қадағалауына мүмкіндік береді. Базалық сызықтарды анықтауды автоматтандырылған режим үрдісіне келтіру үшін ұсынылған келтірулерді пайдалануға болады. Критикалық сызықтарды үшін немесе арнаулы зерттеулерді өңдеу қолмен жүргізіледі. Бұл режим тәжірбиесі мол қолданушыларға, өздерінің жеке икемдігіне және мәліметтер өңдеу сценариын жасай алатындарға арналған. Нәтижелер диспечері алынған нәтижелерді файлға жазбас бұрын бөлшектеп

қарауға мүмкіндік беретін көптеген есеп берулерді талдауға және құруға арналған графикалық мәліметтері сақтайды.

Жүйелерді теңестіру

Басқару модулі тораптарды барлық типті мәліметтерді қиыстыруға әртүрлі құралдардан алынған, яғни GPS, TPS (тахеометрлер) және нивелирлер немесе керісінше дұрыс шешім шығару үшін оларды ең кіші квадраттар тәсілімен теңестіру және координаталары белгілі бақылау нүктелерінің сәйкестігін, сонымен қатар статистикалық өңдеу дәрежі қателерді тексеруге мүмкіндік береді. Тораптарды теңестіру модулі MOVE3 программалық өнімінде теңестірудің қатаң алгоритмімен қамтылған. Бағдарлама GPS-тің үш өлшемді тораптары, екі өлшемді және үш өлшемді тахеометрлік тораптарын, сонымен қатар жер бетіне көшіру нивелирлік тораптарын теңестіреді. Теңестіру тораптарының типтеріне қарай теңестіру бөлек және бірге болуы мүмкін. Теңестіру модулінің тағы бір ерекшелігі—болашақ тораптарды құру және далаға шықпас бұрын ары қарай қолданысын бағалау, талдау, пункттерді бекіту және өлшеулер жүргізу.

Мәліметтерді RINEX форматында импорттау

Модуль LEICA Geo Office-те басқа өндірушілердің GNSS қабылдағыштарының көмегімен алынған өлшеулерді жерсеріктік бақылаулардың мәліметтерін алмастыруға пайдаланылатын стандартты RINEX (Receiver INdependent EXchange format) форматында импорттауға мүмкіндік береді.

Мәліметтерді GIS/CAD форматтарында экспорттау

Берілген модуль LEICA Geo Office жобасынан тематикалық кодтарымен қоса нүктелерді анықтауға және кез келген геоақпараттық жүйеге (ГАЗ) импортталатын AutoCAD DWG, MicroStation DGN, Mapinfo MIF немесе BXF форматтарындағы файлдарды ұйымдастыруға болады.

9.1.1. TopSURV GPS+

TopSURV GPS+ модулі Topcon фирмасының ГНСС қабылдағышымен бірігіп жұмыс істеуіне арналған. Берілген модуль төмендегідей есептерді шешуге арналған:

- бақылау нәтижелерін жоба түрінде сақтау;
- түсірістер нәтижелерін графикалық түрде көру;
- әртүрлі жұмыстар үшін қабылдағышты икемдеу (статика, кинематика, RTK, желілі RTK);



50 - сурет

- өлшеу бірліктерін, координаттар типін, проекция, координата жүйелері және геоид моделін таңдау;

- семантикалық мәліметтерді енгізу мүмкіндігі бар нүктелер тізімін жөнге келтіру және жобаға қосу: кодтар, сызықтық және аумақтық объектілер, қабаттар және топокодтар;

- Кодтар жинағы, жо-

ба және файлдардан, құрылғылардан түрлі мәліметтерді импорттау (сонымен қатар мәтінді форматтағы файлдар, RINEX, GPS Obs Files, TRS/JPS, TPD типіндегі файлдар және т.б.).

- Жобаға, файлға немесе контроллерге және т.б. құрылғыларға мәліметтерді экспорттау;

- Әртүрлі режимдерде түсірісті спутниктік қабылдағышпен орындау (статика PP, кинематика PP, RTK, торлық RTK);

- Шекараны тез құру үшін «рулеткамен өлшеу» функциясын қолдану;

- Базалық қабылдағышты икемдеу мүмкіндігі;

- GPS және ГЛОНАСС жүйесіндегі көрінетін жер серіктерінен нақты уақытта режимінде мәліметтерді алу;

- Нүктелерді және нүктелер тізімін жер бетіне шығару (бөлу);

- Түсіріс нәтижесіне қарай геометриялық координаттар бөлімінде есептеулер жүргізу есептеу;

- программада инженерлік калькулятор орнатылған.

9.1.2. TOPNET

TopNet қамтамассыздандырылған программасы тұрақты базалық станцияда (ТБС), сонымен қатар бір неше базалық станциялардан тұратын торлардағы функцияларды орындауға негізделген.

Бағдарлама анықталған бірнеше функцияларды орындайтын модульдерге жіктелген. Бағдарлама модульдердің комбинациясына

қарай жеке тұрақты базалық станциядан бастап, VRS мүмкіндіктері бар RTK жұмысын қамтамасыз етеді.

TopNet-S желінің қабылдағыштарының ГНСС-пен барлық мәліметті жинауға және сақтауға, өндіріп алуға мүмкіндік беретін серверлік бағдарлама модулі болып табылады. ГНСС қабылдағыштарына қосылу осы модульде енгізіледі.

TopNET-R TopNET-S-пен модульмен жұмыс істегенде TopNET-R алып тасталынады. Бұл модуль көмегімен барлық желіде, жеке негізгі станцияда жұмысты толық күйде орындауға болады. Осымен қоса айтылған модуль арқылы қабылдағыштардан мәліметтерді көшіру, өлшемдердің параметрлерін орнына келтіру, (МБК) ішкі микропрограммалық қамтамасыздандыруды қабылдағыштарға көшіру және олардың қайта енгізуін жүзеге асыруға болады. Бұл модульде ГНСС қабылдағыш жұмысының ағымдағы күйі жайлы мәлімет әрбір негізгі станция үшін кестелік және бейнелік түрде анықталады.

TopNet-N модулі RTK тәртібінде бір негізгі станцияға немесе бірнеше ПДБС-қа байланысты жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Осы модуль барлық қажетті мәліметтерді TopNET-S-тың модульінен алады.

TopNet-N модульінде бір базалық станцияға, сонымен қатар RTK режимінде жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

TopNet-V RTK режимінде жұмыс істеуге мүмкіндік беретін, ионосфералық және тропосфералық кідірістерді есептейтін модуль. Бұл модульдің мүмкіндіктері TopNET-N модульімен бірдей, бірақ қосымша қызметтері бар. Жылжымалы қабылдағыштар түзетулерді енгізу үшін Виртуалды станция қағидасы бойынша қалыптаса алады. Сонымен бұл программаға желінің күйі мен станцияны қарапайым браузер арқылы қарастыруға мүмкіндік береді.

TopNet монтажасы

TopNET программасымен әртүрлі есептерді шешуге арналған жинақтама түрінде беріледі. Өңдеуге арналған бірлік ПДБС - TopNET CORS, TopNET RTK, сонымен бірге TopNET-S, TopNET-N және TopNET-R жинақтары.

Торсоп компаниясы программалық қамтамасыздандырудың жаңғыртуларға ГНСС қабылдағыштары секілді жеңіл қатынастарды қолданады. Жеңіл жинақтан бастап қолданушы өзінің желісін максималды мүмкіндіктерге дейін, тек бағалардағы айырмашылықты ғана төлеп жаңғырта алады.

Бақылау сұрақтары:

1. Геодезиялық өлшеулерді өңдеу пакеті туралы не білесіз?
2. GPS деректерін (мәндерді, мәліметтерді) өңдеу процестерін айтыңыз?
3. Геодезиялық өлшеулерді ГАЗ пакеттерінде өңдеу ерекшеліктерін айтыңыз?
4. Жүйелерді теңестіруді қалай түсінесіз?
5. Мәліметтерді RINEX форматында импорттау деген не?
6. Мәліметтерді GIS/CAD форматтарында экспорттау деген не?
7. TopSURV GPS+ деген не?
8. TopNet топтамасын ашып айтыңыз?

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2004.
2. Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования. – М.: ИКФ «Каталог», 2002.
3. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцевич Н.В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. – М.: «Радио и связь», 1993.
4. Болдин В.А., Зубинский В.И., Зурабов Ю.Г. и др. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. – М.: «ИПРЖР», 1999.
5. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ. М.: «Картгеоцентр-Геодезиздат», 1996.
6. Рысбеков Қ.Б. Жерсеріктік навигациялық жүйелер. Оқу құралы – Алматы: ҚазҰТУ, 2010.-141 б.
7. Бойко Е.Г., Кленицкий Б.М., и др. Использование искусственных спутников Земли для построения геодезических сетей. – М.: «Недра», 1977
8. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцевич Н.В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. – М.: «Радио и связь», 1993 – 408 с.
9. «Основы GPS» Leica Geosystems (Арт. № 713282). www.leica-geosystems.com
10. Сәрсембекова З.К., Рысбеков Қ.Б. Дәстүрлі геодезиялық және спутниктік өлшеу әдістері қазіргі таңдағы қолдану ерекшеліктері. Труды одиннадцатой международной научно-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности» - Алматы: 2009. – С.265-267
11. Рысбеков К.Б., Саркулов Т. Опыт применения GPS – технологии на территории геодинамического полигона. Чехия: Материалы VI международной научно-практической конференции «Современные научные достижения-2011». Часть 15. «Технические науки» – 2011. С.59-61.

Терминдік түсіндірме сөздік

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.

Навигация – бағыт тәсілдерін таңдайтын және көлік құралдарын жүргізу әдістері туралы ғылым; оның міндетіне: тиімді қозғалыс траекториясын табу, орналасу орнын анықтау, қозғалыс жылдамдығының мәнін, бағытын, сонымен қатар басқа да объектілер қозғалысының параметрлерін анықтау кіреді.

NNSS (Navy Navigation Satellite System – Transit), США, «Цикада» (КСРО) – әскери-теңіз күштеріне арналған алғашқы жерсеріктік навигациялық жүйелер.

NAVSTAR– Navigation Satellite Timing and Ranging, АҚШ-тың көпфункционалы СРНЖ-і.

GPS – Global Position System.

ГЛОНАСС – Ғаламдық навигациялық жер серіктік жүйе (КСРО, Ресей).

Galileo – Еуропа ғарыштық агенттігінің жобаланатын СРНЖ.

Космодром – зымыран тасымалдаушы көмегімен, орбитаға навигациялық жасанды жер серігін ұшыруды (НЖЖС) қамтамасыз ететін ЖРНЖ секторы.

ЖРНЖ ғарыштық секторы – координаталары белгілі тірек нүктелерінің қызметін атқаратын, НЖЖС жиынтығы (шокжұлдыз).

ЖРНЖ-нің секторымен басқару және бақылау – планетаның әр бөліктерінде орналасқан орталық және бірнеше бақылау станцияларынан тұрады. Олардың негізгі міндеті – жер серігі жүйелерінің есептеу параметрлерінің дұрыс жұмыс істеуін бақылау, эфемерид жер серіктерін жүйелік дәл қадағалау. Әр жер серігіне сағат көрсеткіштерін түзету, навигациялық мәліметтерді жиі-жиі жаңарту және олардың таралуын ұйымдастыру.

Эфемеридтер – навигациялық жасанды жер серіктері орбитасының координаталары немесе элементтері.

Тұтынушы ЖРНЖ секторы – қабылдағыш-есептеу комплексі (GPS қабылдағышы), тұтынушы бақылау бекетінің орналасу орны туралы ақпаратты дәл уақытта алатын, біріктірілген компоненттер.

Гетеродин – тұрақты жиіліктің синусоидты қашықтықтағы тербелісінің генераторы.

Супергетеродинді принцип – тұрақты жиілігі бар, аралық жиілікті алу принципіне негізделген, қабылдағыштағы радиосигналды үдету.

Жерсеріктік қабылдағыштардың антенна құралдары – электр сигналға сәйкес электромагниттік толқынды айналдыруға арналған құрал.

Фазалық орта – антенналық жүйедегі геометриялық өлшеулерге келмейтін нүкте; одан жер серігіне дейінгі арақашықтық өлшенеді.

Кеңістіктегі қиылыстырулар – анықталатын пункттен берілген пунктке өлшенген бағыттар әдісімен пункт координаталарын анықтау (кеңістіктегі жағдайын).

Қашықтық өлшеуіштердің кодталған әдістері – кодталған радиосигналдарға негізделген ара қашықтықты өлшеу.

Қашықтық өлшеуіш өлшеулердің фазалық әдісі – дециметрлік диапазондағы радиотолқындарды таситын акпараттық сигналдар түрінде қолдануға сүйене отырып, арақашықтықты өлшеу – мұндағы негізгі параметр, ағымдағы фаза.

Абсолютті нүкте орнын анықтау әдісі – координатты анықтау, бұл кезде шешілетін тапсырма, тек бір ғана спутникті қабылдағышпен орындалады.

Нүкте орнын салыстырмалы әдіспен анықтау – координаталарды анықтау, бұл кезде шешілетін тапсырма екі және оданда көп пункттерде орналасқан жерсеріктік қабылдағышпен орындалады.

C/A - коды – жалпыға мәлім ЖРНЖ GPS радиоқашықтық өлшеу коды

Референцті нүкте (станция, пикет) – жерсеріктік анықтауға дейінгі координаталары белгілі пункт.

Бірінші айырмашылық – екі бақылау пункттерінде орналасқан екі қабылдағышты қолдана отырып, бір мезетте НЖЖС бақылауға негізделген фазалық жерсеріктік өлшеулер түрі.

Екінші айырмашылық – екеуден кем емес НЖЖС бақылау кезіндегі екіден жоғары қабылдағыштармен фазалық өлшеу әдістері.

Үшінші айырмашылық – екінші айырмашылыққа негізделген фазалық өлшеу әдісі.

«Реокупации» әдісі – әрбір 1-2 сағат ішінде пункттерде қайталап бақылау әдісі.

Жерсеріктік өлшеулердегі қателіктер – берілген деректерді дұрыс білмегендіктен, туындайтын қателер. Оның ішіндегі бастысы

эфмерид – 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.

Геометриялық фактор – бақыланатын жер серіктерінің өзара дұрыс орналаспауынан болатын қателіктер.

Ионосферлық кідіріс – НЖЖС-нен ионосфера арқылы өтетін электромагниттік толқынның таралу жылдамдығын өзгерту.

Тропосфералық кідіріс – НЖЖС-нен тропосфера арқылы өтетін электромагниттік толқынның таралу жылдамдығын өзгерту.

Құралдардан болатын қателіктер – жер серіктеріндегі орналасқан аппаратурадағы жүйелердің дұрыс жұмыс істемеуіне байланысты қателіктер.

DOP (Delution of Precision – дәлдіктің төмендеуі) – жер серіктерінің орналасу геометриясына байланысты, өлшеу қателіктерінің өсу параметрлерін бағалайтын геометриялық фактор.

GDOP – үш көлемдегі позициялау дәлдігін сипаттайтын уақытты анықтау қателігін ескере отырып, геометриялық фактор дәлдігінің төмендеуі.

PDOP – уақытты анықтау қателігін ескерусіз үш көлемдегі позициялау дәлдігінің төмендеуін ескеретін геометриялық фактор.

HDOP – горизонталь жазықтықтағы екі көлемдік позициялаудағы дәлдіктің төмендеуін ескеретін геометриялық фактор.

VDOP – вертикаль бағыттағы дәлдікті төмендетуді сипаттайтын геометриялық фактор.

IGS (International GPS Service) – барлық жер шарын қамтитын халықаралық геодинамикалық жүйе.

EUREF – Еуропалық референцтік жүйе.

Static – екі қозғалмайтын қабылдағыш арасындағы дифференциалдық жерсеріктік бақылауларды статикалық орындау мерзімі.

Rapid Static - дифференциалдық жерсеріктік бақылауларды үдете отырып, статикалық орындау.

Инициализация мерзімі – бір нүктеде бақылау уақыты.

Сәулелік өлшеу әдісі – анықталатын пункттер жүйесі, бір тірек нүктесінен координатталады.

Жүйелік өлшеу әдісі – жерсеріктік нүкте орны әрбір сызықта не жүйенің әр пунктінде анықталады.

Альманах – ЖНЖС туралы деректерді құрайтын радио дабыл.

Жүйелік уақыт – жер серігінен берілетін радиосигналдарды қабылдағышпен алғаш ұстаған кездегі тұрақты уақыт.

WGS-84 – 1984 жылғы дүниежүзілік геодезиялық координаталар жүйесі.

ASCII – жерсеріктік деректерді көрсететін мәтіндік формат.

RINEX – әртүрлі типтес қабылдағыштар арасындағы тәуелсіз ауысым форматы.

Редуция – координаталарды бір жүйеден, басқа жүйеге түзетуді енгізе отырып ауыстыру.

IGS (International GPS Service) – геодинамикаға арналған GPS халықаралық қызметі.

OTF (Ambiguity fixing on the fly) – ұшудағы арнайы жылдам істеуші әдіс.

Real-Time Kinematik GPS (RTK GPS) – нақты уақыттағы жерсеріктік өлшеу және өңдеудің кинематикалық кезеңі.

ПӘННІҢ ОҚУ БАҒДАРЛАМАСЫ – SYLLABUS

1. Пәннің мақсаты мен міндеті, оның оқу барысындағы орны

1.1. Пәнді оқытудың мақсаты

Қазіргі компьютерлік технологиямен бірге қарқынды даму қарсаңындағы жерсеріктік геодезия әдістері жер серігінің навигациялық жүйесін (ЖСНЖ) құруға себеп бола тұрып, олар геодезиялық тапсырмаларды, яғни жер бетіндегі нүкте координатасын қажетті дәлдікте, тез әрі тиімді, материалды және қаржыны шығынсыз шешуге мүмкіндік тудырды.

Пәнді оқытудың мақсаты жерсеріктік навигациялық жүйелердің жұмыс істеу принципін, негізгі геодезиялық тапсырмаларды ғаламдық позиционерлеу жүйелері құралдарын және оның әдістерін оқу болып табылады.

1.2. Пәнді оқытудың міндеті

Пәнді оқытудың міндеті – геодезиялық тапсырмаларды шешудегі жерсеріктік навигациялық жүйелер құралдарының теориялық негізін меңгеріп және ғаламдық позиционерлеу жүйелерінің техникалық құралдарымен координаттарды іс жүзінде анықтауды үйрену.

Студенттер:

- ЖРНЖ жұмыс істеу жағдайын талдауды;
- ЖРНЖ тұтынушы секторының техникалық құралдарын талдауды;
- Іс жүзінде геодезиялық ғаламдық позициялау жүйелерінің қабылдағыштармен жұмыс істеуді;
- Түсіріс материалдарын өндуді білуі қажет.

1.3. Пререквизиттер

Осы пән курсына оқуға қажетті пәннің және бөлімдердің тізімі:

- ақпараттану (компьютерлік технология);
- ғарыштық геодезия (барлық бөлімі);
- геодезиялық өлшеулерді математикалық өлшеу теориясы (ең кіші квадраттар тәсілі);
- астрономиялық геодезия (ЖЖС қозғалу теориясы).

1.4. Постреквизиттер

«Жерсеріктік навигациялық жүйелері» пәнінен алынған білім:

- қолданбалы геодезия;
- жоғарғы геодезия;
- картография пәндерінде қолданылады.

2. Пәннің мазмұны

1-кесте

Тақырып атауы	Академиялық сағат саны			
	Дәріс	Зертханалық жұмыс	СӨӨЖ	СӨЖ
1. Кіріспе	2	1	3	3
2. ЖРНЖ құрылу принципі	2	1	3	3
3. Тұтынушы секторы	2	1	3	3
4. ЖРНЖ-ге тарату принциптері	2	1	3	3
5. ЖРНЖ-нің өлшеу және есептеу әдістері	2	1	3	3
6. Жалғанқашықтықтарды өлшеу принципі	2	1	3	3
7. Фазалық өлшеулердің айырмашылығы	2	1	3	3
8. Жерсеріктік өлшеулердің жүйелік қателік көздері	2	1	3	3
9. Жерсеріктік өлшеулердің кездейсоқ қателік көздері.	2	1	3	3
10. Жерсеріктік өлшеулерді жобалау және ұйымдастыру	2	1	3	3
11. GPS қабылдағыштарымен жұмыс істеу технологиясы (Global Position System)	2	1	3	3
12. Жер серігінен өлшеулерді өңдеу	2	1	3	3
13. Жер серігінен геодезиялық жүйелерді теңестіру	2	1	3	3
14. Жерсеріктік өлшеу технологияларын арнайы геодезиялық тапсырмаларды шешу үшін қолдану	2	1	3	3
15. Топографиялық түсірістерді орындау кезінде жерсеріктік технологияларды қолдану	2	1	3	3
Барлық сағаты	30	15	45	45

**2.1. Дәрістік сабақтар тақырыптарының атаулары,
олардың мазмұны және көлемі**

Тақырыптар аты	Мазмұны	Сағаттық көлемі
1. Кіріспе	Пәннің мазмұны; ЖРНЖ-нің даму тарихы; Геодезия үшін ЖРНЖ-дің негізгі мәні.	2
2. ЖРНЖ құрылу принципі	ЖРНЖ-дің құрылымдық сұлбасы; космодром; ғарыштық сектор; басқару және бақылау секторы	2
3. Тұтынушы секторы	Қабылдағыш-есептеу комплексі; Геодезиялық қабылдағыш-есептеу комплексінің функциясы; бір жүйеге келтірілген геодезиялық спутниктік қабылдағыштың құрылымдық сұлбасы; GPS қабылдағыштары антеннасының құрылысы	2
4. СНЖ-ге тарату принциптері	Кеңістікте қиылыстыру; Спутниктік геодезияда қолданылатын қашықтықты өлшеу принциптері	2
5. СНЖ-нің өлшеу және есептеу әдістері	Нүктені анықтаудың абсолюттік және салыстырмалы әдістері; дифференциалды әдістердің негізгі түрлері; жалған қашықтық және фазалық өлшеулердің ерекшеліктері	2
6. Жалған қашықтық өлшеу принципі	Кодталған әдіс; дифференциалды әдіс; жеңілдетілген фазалық талдау	2
7. Фазалық өлшеулердің айырмашылығы	Бірінші айырмашылық; Екінші айырмашылық; үшінші айырмашылық; жерсеріктік өлшеу деректерін өндеудің жалпы сұлбасы	2
8. Жерсеріктік өлшеулердің жүйелік қателік көздері	Қателіктер көзінің классификациясы; эфемерид спутниктерінің қателік көздері; ионосфераның әсері; тропосфераның әсері	2

9. Жерсеріктік өлшеулердің кездейсоқ қателік көздері.	Құралдардан болатын қателік көздері; спутникте және қабылдағыштағы сағат жүрісінің қателігі; нүкте жағдайының дәл еместігінің қателігі; геометриялық фактор; аппаратураның уақытша тежелу және қабылдағыштың ішкі шудың қателігі; GPS - өлшеулерінің дәлдігін жасанды төмендету әдістері және себептері	2
10. Жерсеріктік өлшеулерді жобалау және ұйымдастыру	Жалпы жағдайы; спутниктік өлшеулерді жобалау және ұйымдастыру	2
11. GPS қабылдағыштарымен жұмыс істеу технологиясы (Global Position System)	Аппаратураларды жерсеріктік өлшеулерге дайындау; жұмыс режиміне кіру және өлшеу барысын бақылау; бақылау сеансын аяқтау; жиналған ақпараттарды сақтау; далалық журналды жүргізу	2
12. Жер серігінен өлшеулерді өңдеу	Жалпы жағдай; GPS қабылдағышында алғашқы өңдеу; бақылаудан кейін жүргізілетін жерсеріктік өлшеулерді алдын ала өңдеу	2
13. Жер серігінің геодезиялық жүйелерді теңестіру	Жерсеріктік өлшеулерді соңғы өңдеу; жерсеріктік өлшеулерді GPS қабылдағыштарын жасап шығаратын фирмалардың бағдарламасы бойынша өңдеу; арнайы программа бойынша соңғы өңдеу; спутниктік геодезиялық жүйелерді теңестіру	2
14. Жерсеріктік өлшеу технологияларын арнайы геодезиялық тапсырмаларды шешу үшін қолдану	Жалпы жағдай; геодинамикалық тапсырмаларды шешу; жерсеріктік технологияларды теңіз геодезиясында және аэрофототүсірісте қолдану	2
15. Топографиялық түсірістерді орындау кезінде жерсеріктік технологияларды қолдану	Қолдану факторы; кинематикалық өлшеу режимі және қазіргі уақытта өңдеу; GPS қабылдағыштарының жалпы классификациясы	2
Барлығы		30

ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ САБАҚТЫҢ ЖОСПАРЫ

№1 – Зертханалық жұмыс «Навигациялық GPS қабылдағыштары»

Тапсырма: Навигациялық GPS қабылдағыштарының негізгі мақсаты, құрлысы және құрама бөліктерімен танысу.

Лабораториялық жұмысты орындауға арналған қажетті техникалық құралдар: навигациялық GPS қабылдағыштарының комплектісі.

Негізгі 2 [50-51]., қосымша 3 [141-144].

Бақылау сұрақтары:

1. Навигациялық GPS қабылдағыштары деген не?
2. Неге навигациялық қабылдағыштары деп аталады?
3. Навигациялық GPS қабылдағыштарының комплектісіне қандай элементтер кіреді?
4. Дисплей не үшін арналған?

№2 – Зертханалық жұмыс «Навигациялық GPS қабылдағыштарымен өлшеу технологиясы»

Тапсырма: Навигациялық GPS қабылдағыштарының көмегімен навигациялық параметрлеріне анықтау жүргізу.

Қосымша 3 [144-149].

Бақылау сұрақтары:

1. Навигациялық GPS қабылдағыштарында қандай өлшеу әдістері қолданылады?
2. Қабылдағыш дисплейінде қандай навигациялық элементтер көрсетіледі?
3. Навигациялық GPS қабылдағыштарымен координатты анықтаудың дәлдігі қандай?
4. Навигациялық GPS қабылдағыштарын адам қандай мақсатта қолданады?

№3 – Зертханалық жұмыс «Геодезиялық GPS қабылдағыштары»

Тапсырма:

1. Геодезиялық GPS қабылдағыштарының негізгі мақсатын және құрылысын құрама бөлшектерімен танысып оқу.

2. Геодезиялық GPS қабылдағыштарының антеннасының құрылысымен танысу және жұмыс істеу технологиясы

Лабораториялық жұмысты орындауға арналған қажетті техникалық құралдар: навигациялық GPS қабылдағыштарының комплектісі.

Негізгі 2 [50-53]., қосымша 3 [141-161].

Бақылау сұрақтары:

1. Геодезиялық қабылдағыштардың навигациялық қабылдағыштардан айырмашылығы қандай?
2. Геодезиялық GPS қабылдағыштарының комплектісінің құрама бөлшектері қандай?
3. Геодезиялық GPS қабылдағыштарында арақашықтықты қандай әдіспен қалай өлшейді?
4. Геодезиялық GPS қабылдағыштарымен нүкте орнын анықтауда қандай әдіспен дәлдікті жоғарлатады?

№4 – Зертханалық жұмыс «Геодезиялық GPS қабылдағыштары»

Тапсырма: Контроллер бар геодезиялық GPS қабылдағышының құрылысын оқу және жұмыс істеу технологиясы: деректерді енгізу.

Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].

Бақылау сұрақтары:

1. Қабылдағышпен жұмыс істеу процесінде контроллермен басқару қалай жүргізіледі?
2. Контроллердің қай бөлігі қабылдағышқа ақпаратты енгізуге арналған арналған?
3. Өлшеу процесі кезінде қабылдағышқа ақпарат қалай енгізіледі?

№5 – Зертханалық жұмыс «Геодезиялық GPS қабылдағыштары»

Тапсырма: Контроллеры бар геодезиялық GPS қабылдағышының құрылысын оқу және жұмыс істеу технологиясы: қабылдағышты қосу, пиктограммаларды талдау, өлшеуді бастау, далалық деректерді тіркеу, өлшеуді аяқтау, өлшеу кезіндегі қабылдағыш статусын талдау.

Негізгі 2 [50-53]., Қосымша 3 [141-161].

Бақылау сұрақтары:

1. Қабылдағышты іске қосу сатылары қалай орындалады?
2. Пиктограмманы талдау мерзімдері қалау орындалады?
3. Өлшеу мерзімдері неден басталады?
4. Далада тіркеу жұмыстары қалай орындалады?

№6 – Зертханалық жұмыс «Геодезиялық GPS қабылдағыштарымен жұмыс істеу технологиясы»

Тапсырма: Геодезиялық GPS қабылдағыштарымен жергілікті жердегі координат нүктесін өлшеп статика әдісімен анықтау.

Тапсырма: Геодезиялық GPS қабылдағыштарымен жергілікті

жердегі координат нүктесін өлшеп, абсолюттік және жылдам статика әдісімен анықтау.

Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].

Бақылау сұрақтары:

1.Статика әдісі координаттарды анықтаудағы абсолюттік әдіс болып табылады ма?

2.Статика әдісі координаттарды анықтаудағы салыстырмалы әдіс болып табылады ма?

3.Статика әдісі координаттарды анықтаудағы дифференциалды әдіс болып табылады ма?

4.Өлшеу кезінде бақылау сеансы қанша уақытқа созылады?

№7 – Зертханалық жұмыс «Геодезиялық GPS қабылдағыштарының спутниктік өлшеу нәтижелерін өңдеу»

Тапсырма: Геодезиялық GPS қабылдағыштарымен жергілікті жерде нүкте координатасын анықтау.

Тапсырма: Геодезиялық GPS қабылдағыштарымен жергілікті жерде нүкте координатасын анықтау нәтижелерін арнайы бағдарламамен өңдеу.

Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].

Бақылау сұрақтары:

1. Статика әдісі координаттарды анықтаудағы салыстырмалы әдіс болып табылады ма?

2. Статика әдісі координаттарды анықтаудағы дифференциалды әдіс болып табылады ма?

3. Жылдам статика әдісімен бақылау кезінде қабылдағышта қанша канал болуы қажет?

№8 – Зертханалық жұмыс «Спутниктік геодезиялық жүйелер»

Тапсырма: Жерсеріктік геодезиялық жүйесін жобалау қажет. Негізгі тірек пунктері ретінде 5-7 зертханалық жұмыс нәтижелерін қолдануға болады.

Негізгі: 1 [225-228], 2 [78-71].

Бақылау сұрақтары:

1. Өлшеу салмағы деген не?

2. Спутниктік жүйеде пунктер арақашықтықтығына қандай факторлар әсер етеді?

3. Спутниктік жүйеде пунктер арасы бір-біріне көрінуі қажет пе?

4. Жүйеде жеке аралықтарды есептеудің негізгі мәні неде?

2.4. Оқытушының жетекшілігімен орындалатын студенттердің өзіндік жұмыстары бойынша өткізілетін сабақтардың жоспары (СОӨЖ)

№	Тақырып	Жүргізу түрі	Әдістемелік түсініктеме	Ұсынылған әдебиеттер
1	GPS қабылдағыштарының классификациясы	Тренинг	GPS қабылдағыштарының техникалық параметрлерін оқып танысып, олар бойынша классификациясы жүргізіледі, сосын GPS қабылдағыштарының жіктелу кестесін құру қажет.	Негізгі. 2 [50-51]. Қосымша 3 [141-144].
2	Навигациялық GPS қабылдағыштарының техникалық параметрлерін оқу	Өзіндік жоба	GPS қабылдағыштарының классификациялық негізінде техникалық параметрлерін тандап оларды кемшіліктерін және ерекшеліктерін шығару.	Қосымша 3 [144-149].
3	Навигациялық GPS қабылдағыштарын іс жүзінде пайдалану жобасын жасау	Өзіндік жоба.	GPS қабылдағыштарының классификациялық негізінде Навигациялық GPS қабылдағыштарын іс жүзінде пайдалану жобасын жасап және GPS қабылдағыштарын қолдану бойынша жобаны негіздеу қажет.	Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].
4	GPS қабылдағыштарының түрлері	Тренинг	Қолданылатын GPS қабылдағыштарының түрін анықтап, оның қолданылатын саласына қарай жіктеу қажет.	Негізгі. 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].
5	GPS қабылдағыштарының құрамы	Тренинг	GPS қабылдағыштарының құрылымдық сұлбасын жасап, кейбір бөліктерінің қолдану бағытын және атын көрсету қажет.	Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3[141-61]

6	GPS қабылдағыштарынң зарядтаушы тоқ көздері	Тренинг	GPS қабылдағыштарынң зарядтаушы тоқ көздерінің жұмыс істеу процесінің технологиясымен танысып жұмыс істей білу және оларды профилактикалық қамтамсыз ету қажет.	Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].
7	GPS қабылдағыштары антеннасымен жұмыс істеу	Тренинг	GPS қабылдағыштары антеннасымен жұмыс істеу процесінің технологиясын меңгеріп: центерлеу, іске қосу, биіктігін өлшеу	Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].
8	Нақты геодезиялық тапсырмаларды шешу үшін спутниктік өлшеу әдістерін таңдау.	Өзіндік жоба.	Нақты геодезиялық тапсырманы шешуде (абсолюттік, дифференциалды) спутниктік өлшеу әдістерін және GPS қабылдағыштарын таңдау	Нег.: 1 [71-74], 2 [54-62].
9	Нақты геодезиялық тапсырмаларды шешу үшін спутниктік өлшеу әдістерін негіздеу.	Өзіндік жоба.	Нақты геодезиялық тапсырманы шешуде (абсолюттік, дифференциалды) спутниктік өлшеу әдістерін және GPS қабылдағыштарын таңдау	Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].
10	Нақты геодезиялық тапсырмаларды шешу үшін спутникпен нүкте орнын анықтау технологиясын жобалау	Өзіндік жоба.	Нақты геодезиялық тапсырмаларды шешу үшін спутникпен нүкте орнын анықтау технологиясын жобалау (статика, жылдам статика, RTK және т.б..)	Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].

11	Жүйелік қателіктердің әсерін жою үшін спутниктік өлшеу технологиясының жобасын негіздеу	Өзіндік жоба.	Нақты геодезиялық тапсырманы шешуде жүйелік қателіктердің әсерін жою үшін спутниктік өлшеу технологиясының жобасын негіздеу және ерекшеліктерімен қателіктерін, кемшіліктерін көрсету (статика, жылдам статика, RTK және т.б..)	Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].
12	Спутниктік өлшеу нәтижелерін өңдеу технологиясын жобалау	Өзіндік жоба.	Спутниктік өлшеу нәтижелерін өңдеу технологиясының жабасын жасау (статика, жылдам статика, RTK және т.б.) 10-11 тапсырмаларға сүйену қажет.	Негізгі: 1[200-224], 2 [82-88].
13	Спутниктік өлшеу нәтижелерін өңдеу технологиясын жоспарлау және негіздеу	Өзіндік жоба.	GPS қабылдағыштарын қолдана отырып Спутниктік өлшеу нәтижелерін өңдеу технологиясын жоспарлау және негіздеу	Негізгі: 1[200-224], 2 [82-88].
14	Спутниктік геодезиялық жүйелерді жобалау	Өзіндік жоба.	Жүйе сипаттамасын көрсете отырып спутниктік геодезиялық жүйелерінің құрылымдық сұлба ретінде жобалау	Негізгі: 1[225-228], 2[78-71].
15	Спутниктік геодезиялық жүйелерді құру бойынша ұйымдастыру технологиясын жоспарлау және негіздеу.	Өзіндік жоба.	Спутниктік геодезиялық жүйелерді құру бойынша ұйымдастыру технологиясын құрылымдық сұлба ретінде жоспарлау және негіздеу, жұмыс және GPS қабылдағыштарының түрін көрсету	Негізгі: 1[225-228], 2 [78-71].

Ұсынылған әдебиеттер

Негізгі:

1. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. - М.: Картгео-центр-Геодезиздат, 2004.

2. Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования. – М.: ИКФ «Каталог», 2002.

Қосымша:

3. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцевич Н.В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. – М., «Радио и связь», 1993.

4. Болдин В.А., Зубинский В.И., Зурабов Ю.Г. и др. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. – М., ИПРЖР, 1999.

5. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ. М., Картгеоцентр-Геодезиздат, 1996.

2.5. Студенттің өзіндік жұмысы (СӨЖ)

№	Тақырыбы	Әдістемелік түсініктеме	Ұсынылған әдебиеттер
1	Реферат тақырыптарының аты: СНЖ-нің ғылым ретіндегі қазіргі жағдайы; СНЖ қолдану бағыты; GPS қабылдағыштарының түрі	Әрбір студент келтірілген тақырыбы бойынша интернет желісін пайдалана отырып реферат жазуы қажет. Жұмыс көлемі А4 форматында бес бетті құрайды.	Негізгі. 1-2. Қосымша 3-5. Интернет.
2	Өзіндік жоба. Навигациялық GPS қабылдағыштарымен нүкте орнын анықтаудың теориялық принциптерін оқу.	Жұмыс жазбаша орындалып, келесі сұрақтарды қамтуы қажет: принцип аты; принциптің механикалық мәні, принциптің аналитикалық теңдеулері	Қосымша 3 [144-149].
3	Өзіндік жоба. Навигациялық GPS қабылдағыштарын қолдану мүмкіндіктерін оқу.	СНЖ қандайда бір ортада қолдану жөнінде жоба жасап, сабақта ортаға салып талқылау қажет	Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].
4	Өзіндік жоба. GPS қабылдағыштары комплектісінің мақсаты және құрылысын оқу.	GPS қабылдағыштары комплектісінің мақсаты және құрылысын оқып меңгеру.	Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].

5	Өзіндік жоба. GPS қабылдағыштарының тоқ көзінімен танысып оқу .	Жоба жасап, онда келесі мәселе қарастырылуы қажет: аты, жұмыс прин- ципі, артықшылығы және қабылдағыштың тоқ көзінің кемшіліктерін көрсету қажет.	Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].
6	Өзіндік жоба. GPS қабылдағыштарының антенна құрылысын оқу	Жоба жасап, онда келесі мәселе қарастырылуы қажет: аты, жұмыс принципі, артықшылығы және қабылдағыш антеннасының кемшілік- терін көрсету қажет.	Негізгі 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].
7	Өзіндік жоба. GPS қабылдағыштарының құрылымдық сұлбасын оқу	GPS қабылдағыштарының құрылымдық сұлбасын қолданып келесі мәселені қоамту қажет: аты және GPS қабылдағыштарының жеке бөлшектірінінің қолдану бағыты	Қосымша 2 [50-53]. Қосымша 3 [141-161].
8	Өзіндік жоба. Спутникпен нүкте орнын анықтау әдістерін оқу.	Спутникпен нүкте орнын анықтау әдістеріне тал- дау жүргізу (абсолюттік, салыстырмалы): аты және әдістің негізгі мәні, қолдану саласы..	Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].
9	Өзіндік жоба. Геодезиялық GPS қабылдағыштарын қолдану бағытының мүмкіндіктерін оқу.	Кездейсоқ таңдап алынған геодезиялық GPS қабылдағыштарының техникалық параметр- леріне талдау жүргізу және оның қолданылу саласына ұсыныс беру.	Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].
10	Өзіндік жоба. Спутникпен нүкте орнын анықтау технологиясын оқу	Спутникпен нүкте ор- нын анықтау технология- сына салыстырмалы тал- дау жүргізу (статика, жыл- дам статика, RTK және т.б.): әдіс, дәл, геодезиялық жұмыстағы тиімділік.	Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].

11	Өзіндік жоба. Спутниктік өлшеулерге жүйелік қателердің әсерін оқу	Спутникпен нүкте орнын анықтау технологиясы- на салыстырмалы талдау жүргізу және спутниктік өлшеулерге жүйелік қателердің әсерін оқу	Негізгі: 1 [71-74], 2 [54-62].
12	Өзіндік жоба. Спутниктік өлшеу материалдарын өңдеу технологиясын оқу	Спутникпен өлшеу материалдарының өңдеу технологиясына салы- стырмалы талдау жүргізу; өңдеу стадиясы; тапсырма; бақыланатын тапсырма; есептеу параметрлері.	Негізгі: 1 [200-224], 2 [82-88].
13	Өзіндік жоба. Спутниктік өлшеу материалдарын жоспарлау технологиясын оқу	Спутникпен өлшеу мате- риалдарының өңдеу тех- нологиясының жоспар- лау әдістемесіне тал- дау жүргізу: шешілетін геодезиялық неме- се навигациялық тапсырманың түрлері, өлшеу технологиялары	Негізгі: 1 [200-224], 2 [82-88].
14	Өзіндік жоба. Спутниктік геодезиялық жүйелерді жобалау әдістерін оқу	Спутниктік геодезиялық жүйелерді жоба- лау әдістеріне тал- дау жүргізу: жүйе түрі; базистік аралықтардың арақашықтығы; пунктер саны; дәлдігі.	Негізгі: 1 [225-228], 2 [78-71].
15	Өзіндік жоба. Спутниктік геодезиялық жүйелерді жасау бойынша далалық жұмыстарды ұйымдастыру және жо- спарлау технологиясын оқу.	Спутниктік геодезиялық жүйелерді жасау бойын- ша далалық жұмыстарды ұйымдастыру және жо- спарлау технологиясын қарастыру: қабылдағыш саны, бір нүктедегі қабылдағыш саны және уақыты, жұмыс құны	Негізгі: 1 [225-228], 2 [78-71].

2.6. Курс бойынша жазба жұмыстың тақырыбы

Рефераттар тақырыбы:

1. Ғылым тұрғысындағы СНЖ қазіргі жағдайы;
2. СНЖ қолдану бағыты;
3. GPS қабылдағыштарының түрлері.

2.7. Өзіндік бақылау үшін тестік тапсырмалар

1. СРНЖ дегеніміз не?

А. Жасанды жер серігін бақылау мәселелерін зерттейтін ғарыш ғылымның.

В. Навигациялық тапсырмаларды және НЖЖС берілетін радиосигналдар бойынша нүкте координаттарын анықтауға арналған техникалық құралдардың комплексі.

С. НЖЖС және планетаны бақылау туралы мәселелерді зерттейтін ғылым.

Д. Астрономия ғылымын шешуге арналған планетаның және ЖЖС бақылаудағы мәселелерді зерттейтін астрономиялық бөлім.

Е. Навигациялық тапсырмаларды және жергілікті жердегі нүкте координаттарын НЖЖС көз мөлшерімен бақылауға арналған техникалық құралдар кешені.

2. СРНЖ геодезияда қолдануға қандай себеп болды?

А. СРНЖ-ге жалған қашықтықта кодталған арақашықтықты өлшеу әдісін НЖЖС – тен анықталатын пунктке дейін тарату.

В. СРНЖ-ге кодталған арақашықтықты өлшеу әдісін НЖЖС – тен анықталатын пунктке дейін тарату.

С. СРНЖ-ге біржақты кодталған арақашықтықты өлшеу әдісін НЖЖС – тен анықталатын пунктке дейін тарату.

Д. СРНЖ-ге екі жақты фазалық кодталған арақашықтықты өлшеу әдісін НЖЖС – тен анықталатын пунктке дейін тарату

Е. СРНЖ-ге екі жақты фазалық кодталған арақашықтықты өлшеу әдісін НЖЖС – ке дейін тарату

3. СРНЖ геодезияда қолданудың қандай артықшылығы бар?

А. Сыртқы сигналдарды жасау қажеттігі бар және базистік аралықтардың ұзындығы және геодезиялық тірек жүйелері жақтарының шектеулігі

В. Сыртқы сигналдарды жасау қажетсіздігі және базистік аралықтардың ұзындығын және геодезиялық тірек жүйелерінің жақтарын шектеу бар

С. Сыртқы сигналдарды жасау және базистік аралықтардың ұзындығын және геодезиялық тірек жүйелерінің жақтарында шектеудің қажеті жоқ

D. Сыртқы сигналдарды жасамай және базистік аралықтардың ұзындығын және геодезиялық тірек жүйелерінің жақтарын шектеу қажет

E. Артықшылық жоқ.

4. Координаттарды анықтау кезіндегі НЖЖС қандай қызмет атқарады?

A. Визирлік нысана

B. Бақылау нүктесі

C. Тірек нүктесі

D. Бақылау бағыты

E. Уақыт жүйесі

5. НЖЖС орбиталарының қандай параметрлері СРНЖ қолдануда басты сипатын қамтамасыз етеді?

A. Эксцентриситет

B. Айналу кезеңі

C. Аномалия

D. Гравитация

E. Биіктік, көлбеу бұрышы

6. СРНЖ GPS қандай орбиталы жазықтықты құрайды?

A. Екеу

B. Төрт

C. Алты

D. Сегіз

E. Тоғыз

7. Геодезиялық қабылдау-есептеу комплексінің қандай функциялары бар?

A. НЖЖС радиосигналдарды беру

B. Өлшеу пункттерінен радиосигналдарды қабылдау

C. Радиосигналдарды өлшеу пункттеріне беру

D. НЖЖС радиосигналдардың шағылуы

E. НЖЖС-нен радиосигналдарды қабылдау

8. “Көпжолдылық” деген не?

A. Қоршаған ортадан сәулеленетін өлшеулерге әсері

B. Радиобекеттердің радиосигналдарынан шағылатын өлшеулерге әсері

C. Өлшеу пункттерінің радиосигналдарынан шағылу әсері

D. НЖЖС радиосигналдарынан шағылу өлшеулеріне әсері

E. Қабылдағыш радиосигналдарынан шағылған өлшеулерге әсері

9. СРНЖ нүкте орнын анықтаудың негізі неде?
А. Кеңістікте қиылыстыру.
В. Кеңістікті координаттар жүйесі
С. Фотограмметриялық қиылыстыру
D. Астрономиялық навигация.
Е. Теңіз навигациясы.
10. СРНЖ кодталған қашықтықты өлшеулердің негізгі мәні неде?
А. ЖНЖС-нен тұтынушыға дейінгі кодталған радиосигналдар фазаларының жылжуын өлшеу
В. ЖНЖС-нен тұтынушыға дейінгі кодталған радиосигналдар фазаларының жылжуының уақытын өлшеу
С. ЖНЖС-нен тұтынушыға дейінгі кодталған радиосигналдардың кеткен уақытының жылжуын өлшеу
D. ЖНЖС-нен тұтынушыға дейінгі кодталған радиосигналдардың толқынының ұзындығын өлшеу
Е. ЖНЖС-нен тұтынушыға дейінгі кодталған радиосигналдардың толқынының жиілігін өлшеу
11. Аралықты фазалық әдіспен өлшеудегі негізін құрайтын формулаға қандай параметр кіреді?
А. Толқын ұзындығы, жылдамдығы, арақашықтығы
В. Жилік, толқыны, ұзындығы, жылдамдық, арақашықтық
С. Жилік, жылдамдық, арақашықтық, циклдер саны, уақытша түзету
D. Толқын ұзындығы, жылдамдық, арақашықтық, уақытша түзету
Е. Жилік, жылдамдық, ара қашықтық, циклдер саны
12. СРНЖ-дегі нүкте орнын анықтаудың қандай әдісі геодезияда қолданылады?
А. Дифференциалды
В. Навигациялық
С. Кеңістіктік
D. Сызықтық
Е. Триангуляциялық.
13. Спутниктік өлшеу кезінде ионосфера әсерінің қателігін қалай жояды?
А. Бір жылікті GPS қабылдағыштарын қодану.
В. Кодталған GPS қабылдағыштарын қодану .
С. Навигациялық GPS қабылдағыштарын қодану.
D. Екі жылікті GPS қабылдағыштарын қодану .
Е. Динамикалық GPS қабылдағыштарын қодану .
14. Фазалық өлшеу әдісіндегі N әріпі нені білдіреді?
А. Өлшенетін аралыққа кіретін фазалық циклдің ондық бөлігі

- В. Өлшенетін аралыққа кіретін фазалық циклдің жүздік бөлігі
- С. Өлшенетін аралыққа кіретін фазалық циклдің бүтін саны
- Д. Өлшенетін аралыққа кіретін фазалық циклдің секундтық бүтін сан
- Е. Өлшенетін аралыққа кіретін фазалық циклдің сағаттық бүтін сан

15. Бірінші айырмашылық қалай пайда болады?

- А. Тек бір НЖЖС бақылау бойынша екі стансадан бір мезетте алынған фазалық жылжулардың айырмашылығы
- В. Тек екі НЖЖС бақылау бойынша екі стансадан бір мезетте алынған фазалық жылжулардың айырмашылығы
- С. Бұл үш НЖЖС бақылау бойынша екі стансадан бір мезетте алынған фазалық жылжулардың айырмашылығы
- Д. Бұл төрт НЖЖС бақылау бойынша екі стансадан бір мезетте алынған фазалық жылжулардың айырмашылығы
- Е. Бұл бес НЖЖС бақылау бойынша екі стансадан бір мезетте алынған фазалық жылжулардың айырмашылығы

16. Қандай факторлар болмайтын күрделі мүмкіндіктерді негіздейді?

- А. N санының үздіксіз өзгеруі және тәртібі аз
- В. N санының тұрақты өзгеруі және оның үлкен тәртібі
- С. N санының үздіксіз өзгеруі және тәртібі көп
- Д. Толқын ұзындығының үздіксіз өзгеруі
- Е. Толқын ұзындығының үздіксіз өзгеруі және үлкен тәртіп

17. НЖЖС эфемеридісінің қателігі немен байланысты?

- А. НЖЖС орбитасын есептеу қателігі
- В. GPS қабылдағышының аспаптар қателігі
- С. Радиосигналдарды атмосфераның тежеуі
- Д. Радиосигналдарды иносфераның тежеуі
- Е. Бірқалыпсыз фактордың әсерінен өзгеретін НЖЖС орбиталары

18. Шиеленсу «көпжолдылық» дегенді қалай түсінесіз?

- А. Радиосигналдардың спутниктен бақылау пунктіне дейін сыну жолдарымен тарауы
- В. Радиосигналдардың бақылау пунктінен спутникке дейін сыну жолдарымен тарауы
- С. Радиосигналдардың спутниктен бақылау пунктіне дейін тура тарауы.
- Д. Радиосигналдардың спутниктен бақылау пунктіне дейінгі тарау жыламдығының өзгеруі.
- Е. Радиосигналдардың спутниктен бақылау пунктіне дейінгі тарау жыламдығының өзгермеуі.

19. Шиеленісудің әсерін қандай тәсілмен төмендетуге болады?

- А. Ионосфераның тежеуінен

- В. Атмосфераның тежеуінен.
- С. Бақылау пунктiнiң орналасу орнын таңдау.
- Д. Абсолюттiк бақылау әдiсiмен
- Е. Навигациялық бақылау әдiсiмен.

20. Сағат жүрiсiне әсер ететiн қателiктi қалай жоюға болады?

- А. Абсолюттiк өлшеу әдiсiн қолдану арқылы.
- В. Навигациялық өлшеу әдiсiн қолдану арқылы.
- С. Жалған қашықтықты абсолюттiк өлшек әдiсi арқылы.
- Д. Кодталған өлшеу әдiсiн қолдану арқылы.
- Е. Дифференциалды өлшеу әдiсiн қолдану арқылы.

21. НЖЖС-нiң өзара қандай орналасуында геометриялық фактор минимальды?

- А. Қабылдағыштан спутникке бақыланатын бағыттардың өзара толықтыруы кезiнде.
- В. Қабылдағыштан спутникке бақыланатын бағыттардың өзара ауысуы кезiнде.
- С. Қабылдағыштан спутникке бақыланатын бағыттардың өзара қарама-қайшы кезiнде.
- Д. Қабылдағыштан спутникке бақыланатын бағыттардың өзара перпендикуляр кезiнде.
- Е. Қабылдағыштан спутникке бақыланатын бағыттардың өзара параллел болуы кезiнде.

22. Нүктеорнын спутниктiк ұйымдастыру кезiндегi пункттердiң арасындағы бiр-бiрiне көрiнуiне қандай талаптар қойылады?

- А. Сызықтық көрiнiс қажет
- В. Көз мөлшерiмен көрiну қажеттiгi
- С. Көрiнiстiң қажеттiгi жоқ
- Д. Қашықтықты көрiнiстiң қажеттiгi
- Е. Геометриялық көрiнiс.

23. СРНЖ-нiң көмегiмен геодезиялық жүйенi құрудың ерекшелiгi неде?

- А. Спутниктiк бақылау және кезектi есептеулердiң әдiсiн таңдауды негiздеу.
- В. Спутниктiк бақылау және кезектi есептеулердiң әдiсiн таңдауды негiздеудiң қажетi жоқ.
- С. Спутниктiк бақылау және кезектi есептеулердiң әдiсiн ескермей GPS қабылдағышының түрiн таңдау.
- Д. GPS қабылдағышының түрiн таңдауды ескермей спутниктiк бақылау әдiсiн негiздеу.
- Е. Ерекшелiгi жоқ.

24. Геодезиялық GPS қабылдағышының өзіндік диагностика режимі нені қарастырады?

- A. Қабылдағыш антеннасының жұмыс істеу режимін бақылайды.
- B. Қабылдағыш тоғының жұмыс істеу режимін бақылайды.
- C. Қабылдағыштың барлық жеке бөліктерінің жұмыс істеу режимін бақылайды.
- D. НЖЖС барлық жеке бөліктерінің жұмыс істеу режимін бақылайды.
- E. СРНЖ барлық жеке бөліктерінің жұмыс істеу режимін бақылайды.

25. Навигациялық режимде координатты анықтау деген не?

- A. Пункты координатасын абсолютты әдіспен анықтау.
- B. Пункты координатасын салыстырмалы әдіспен анықтау.
- C. Қозғалып келе жатқан объект координатасын пост-өндеу режимінде анықтау.
- D. Қозғалып келе жатқан объект координатасын нақты уақыт режимінде анықтау.
- E. Қозғалып келе жатқан объект координатасын фазалық әдіспен анықтау.

26. Біржақты жүйе деген түсінікті қалай түсінесіз?

- A. Бірдей дәлдікте анықталған пунктер координатасының жүйесі.
- B. Әртүрлі дәлдікте анықталған пунктер координатасының жүйесі.
- C. Бірдей дәлдікте анықталған пунктер координатасының жүйесі, ал базистік аралық әртүрлі дәлдікте.
- D. Әртүрлі дәлдікте анықталған пунктер координатасының жүйесі, ал базистік аралық бірдей дәлдікте.
- E. пунктер координатасының жүйесі бір аймақтың шегінде.

27. Желілі объектердің құрылысы кезіндегі СРНЖ қолдану ерекшелігі неде?

- A. Координаттарды бағытпен бірге анықтау мүмкіндігі.
- B. Навигациялық режимде жұмыс істеу мүмкіндігі.
- C. Координаттарды кодтық әдіспен анықтау мүмкіндігі.
- D. Координаттарды фазалық әдіспен анықтау.
- E. Жүйені құру мүмкіндігі.

28. Орманды түсіру кезіндегі спутникті технологияны қолдану ерекшелігі?

- A. Шиеленісу әсерінен сақтаудың қажеттігі.
- B. Атмосфералық қателіктердің әсерінен қорғау мүмкіндігі.
- C. Ионосфераның қателіктері әсерінен қорғау мүмкіндігі.
- D. Құралдардың қателігі әсерінен қорғау мүмкіндігі.
- E. Сағат жүрісінен болатын қателіктің әсерінен қорғау мүмкіндігі.

29. Тізбектеп қадағалайтын қабылдағыштардың қанша каналы бар?

- A. Бір.
- B. Екі.
- C. Үш.
- D. Төрт.
- E. Бес.

30. GPS қабылдағыштарының қандай түрі сигнал/шум қатнасында жұмыс істейді?

- A. Айырмашылығы жоқ.
- B. Бірканалды.
- C. Көпканалды.
- D. Фазалық.
- E. Кодты.

Тестік сұрақтардың жауаптары

Сұрақ нөмірі	Модул нөмірі	Күрделілігі	Дұрыс жауап	Сұрақ нөмірі	Модул нөмірі	Күрделілігі	Дұрыс жауап
1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	B	16	2	2	D
2	1	2	E	17	2	3	E
3	1	2	C	18	2	2	A
4	1	3	C	19	2	3	C
5	1	2	E	20	2	3	E
6	1	3	C	21	2	2	D
7	1	2	E	22	2	3	C
8	1	3	D	23	2	2	A
9	1	2	A	24	2	2	C
10	1	2	C	25	2	2	D
11	1	2	C	26	2	3	A
12	1	2	A	27	2	2	A
13	1	3	D	28	2	2	A
14	1	2	C	29	2	2	A
15	1	3	A	30	2	3	C

2.8. Курс бойынша емтихан сұрақтары:

1. СРНЖ даму тарихы
2. СРНЖ артықшылығы және кемшіліктері, геодезиядағы алатын орны
3. СРНЖ құрудағы құрылымдық сұлбасы
4. СРНЖ ғарыштық секторы: құрамы және мақсаты
5. Басқару және бақылау секторы: құрамы және мақсаты
6. Тұтынушы секторының мақсаты
7. Әртүрлі тұтынушыға үшін СРНЖ ерекшелігі
8. Кабылдау-есептеу функциясының комплексі
9. Геодезиялық спутникті қабылдағыштың жалпы құрылымдық сұлбасы
10. Спутниктік қабылдағыштардың антенна құралдары

11.СРНЖ нүкте орнын анықтау принциптері: Кеңістіктік қиылыстыру.

12.Спутниктік геодезияда қолданылатын арақашықтықты өлшеу принципі

13. Нүкте орнын анықтаудың абсолюттік және салыстырмалы әдістері

14. Дифференциалды әдістердің негізгі түрлері

15. Жалғанқашықтықты өлшеулерді жүргізу ерекшелері

16.Фазалық өлшеулердің ерекшеліктері

17.Жалғанқашықтықты өлшеу принципі: кодтық әдіс

18.Жалғанқашықтықты фазалық әдіспен өлшеу

19.Фазалық қатынастардың жеңілдетілген талдау түрі.

20.Фазалық өлшеулердің айырмашылығы: бірінші айырмашылық – жалпы принцип.

21.Бірінші айырмашылықтардың артықшылығы және кемшіліктері.

22. Фазалық өлшеулердің айырмашылығы: екінші айырмашылық – жалпы принцип.

23.Екінші айырмашылықтардың артықшылығы және кемшіліктері.

24.Фазалық өлшеулердің айырмашылығы: үшінші айырмашылық – жалпы принцип.

25.Үшінші айырмашылықтардың артықшылығы және кемшіліктері.

26.Көп мәнді принциптерді реттеу.

27.Көп мәнді принциптер әдісі.

28.Спутниктік өлшеу деректерінің жалпы өңдеу сызбанұсқасы

29.СРНЖ жүйелік қателіктер көзі: қателіктер көзінің классификациясы.

30.Эфемерид спутниктерінің дәл емес мәндерімен байланысты қателіктер көзі.

31.Ионосфера әсері.

32.Тропосфера әсері.

33.Шиеленісу.

34.Құралдардың қателіктер көзі.

35.НЖЖС және қабылдағыштағы сағат жүрсінің қателіктері.

36.Нүкте орналасуының дәл еместігінің қателігі.

37.Аппаратуралардың уақытша кідіру және қабылдағыштардың ішкі шу қателіктері.

- 38.Геометриялық фактор.
- 39.GPS-өлшеулерінің дәлдігін жасанды төмендету себебі және әдісі.
- 40.Жобалау ерекшеліктері және спутниктік өлшеулерді ұйымдастыру.
- 41.Спутниктік геодезиялық қабылдағыштардың жұмыс істеу режимдерінің түрі.
- 42.GPS-қабылдағыштарымен өлшеу технологиясы: аппаратураны далалық спутниктік өлшеулерге дайындау.
- 43.GPS-қабылдағыштарымен өлшеу технологиясы: жұмыс істеу режиміне кіру және өлшеу барысын бақылау.
- 44.GPS-қабылдағыштарымен өлшеу технологиясы: бақылау сеансын аяқтау, жиналған ақпаратты сақтау.
- 45.GPS-қабылдағыштарымен өлшеу технологиясы: далалық журналды жүргізу.
- 46.Спутниктік өлшеулерді өңдеу: қабылдағышта жүргізілетін алғашқы өңдеу.
- 47.Бақылаудан кейінгі жүргізілетін спутниктік өлшеулерді алдынала өңдеу.
- 48.Спутниктік өлшеулерді соңғы өңдеу.
- 49.Спутниктік өлшеулерді қабылдағышты шығарушы фирманың бағдарламасымен соңғы өңдеу.
- 50.Спутниктік өлшеулерді арнайы бағдарламамен өңдеу.
- 51.Спутниктік геодезиялық жүйелерді теңестіру.
- 52.Геодинамикалық тапсырмаларды шешу үшін спутниктік технологияны қолдану.
- 53.Спутниктік технологияны теңіз геодезиясында қолдану.
- 54.Аэрофото түсіріс кезінде спутниктік технологияны қолдану.
- 55.Топографиялық түсіріс кезіндегі GPS қабылдағыштарын қолдану факторы.
- 56.Кинематикалық өлшеу режимі және нақты уақытта өңдеу.
- 57.GPS қабылдағыштарының жалпы классификациясы.
- 58.Бір каналды GPS қабылдағыштарының артықшылығы және кемшілігі.
59. Көп каналды GPS қабылдағыштарының артықшылығы және кемшілігі.
60. Екі жылікті GPS қабылдағыштарының артықшылығы және кемшілігі.

МАЗМҰНЫ

АЛҒЫ СӨЗ.....	3
КІРІСПЕ.....	5

1-БӨЛІМ. ГЕОДЕЗИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖАСАНДЫ ЖЕРСЕРІКТІК ЖҮЙЕСІ

1.1. Жасанды жерсеріктік жүйелерінің даму тарихы.....	7
1.2. Жерсеріктік радионавигациялық жүйелерді құру принциптері және геодезиядағы маңызы.....	8
1.3. Ғаламдық позициялау жүйелері	12
1.3.1 Жерсеріктік GPS радионавигациялық жүйелері.....	12
1.3.2 Жерсеріктік ГЛОНАСС радионавигациялық жүйелері.....	14
1.3.3. Еуропалық Galileo жүйесі.....	17
1.3.5. Үнді регионалды жерсеріктік навигациялық жүйесі.....	20
1.3.6. Қытайдың Compass навигациялық жерсеріктік жүйесі.....	20
1.3.7. Жапондық Quasi-Zenith навигациялық жүйесі (QZSS).....	21
Бақылау сұрақтары.....	22

2-БӨЛІМ. ТҰТЫНУШЫ СЕКТОРЫ

2.1.Қабылдау-есептеу кешені.....	23
2.1.1 Геодезиялық қабылдау-есептеу кешенінің функциялары.....	23
2.1.2. Геодезиялық спутниктік қабылдағыштың жалпы құрылымдық сызбанұсқасы.....	24
2.1.3. Жерсеріктік қабылдағыштардың антенналық құрылғылары.....	27
2.2. Жерсеріктік радионавигациялық жүйелердің орнын анықтау принциптері.....	29
2.2.1. Кеңістіктегі қиылыстыру.....	29
2.3. Жерсеріктік геодезияда қолданылатын қашықтық ұзындығын өлшеу принциптері.....	32
Бақылау сұрақтары.....	37

3-БӨЛІМ. ЖЕРСЕРІКТІК РАДИОНАВИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕДЕГІ ӨЛШЕУ ЖӘНЕ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

3.1. Позициялау тәсілдерінің классификациясы.....	38
3.1.1. Нүкте орнын анықтаудың абсолюттік және салыстырмалы әдістері.....	39
3.1.2. Дифференциалды әдістердің негізгі түрлері.....	42
3.2. Жалған қашықтық өлшеу және фазалық өлшеу жүргізу ерекшелігі.....	44
3.3. Жалған қашықтық өлшеуіштің өлшеу принципі.....	46
3.3.1. Кодтық әдіс.....	46
3.3.2. Дифференциалдық әдіс.....	48
3.3.3.Фазалық өлшеулер.....	49
3.4. Фазалық өлшеулердің айырымдары.....	52
3.5. Мәндердің бірдей болмау шегін шешу принциптері.....	55
Бақылау сұрақтары.....	59

4-БӨЛІМ. ЖЕРСЕРІКТІК ӨЛШЕУДІҢ ЖҮЙЕЛІ КАТЕЛІКТЕРІНІҢ КӨЗДЕРІ

4.1. Қателік көздерін жіктеу.....	60
4.1.1. Жерсеріктік эфемеридтерін дәл білмеуге байланысты кателік көздері.....	61
4.1.2.Ионосфераның әсері.....	63
4.1.3. Тропосфераның әсері.....	64
4.1.4 Көпжолдылық.....	65

4.2. Жерсеріктік өлшеудің кездейсоқ қателік көздері.....	68
4.2.1 Құрал-жабдық қателік көздері.....	68
4.2.2. Жерсерігі пен қабылдағыштағы сағат жүрісінің тұрақсыздығынан туған қателік.....	69
4.2.3. Салыстырмалылық нүктесін дәл білмегендіктен туған қателіктер....	69
4.2.4. Қабылдағыштың аппаратуралы уақытша кідірісі мен ішкі шу тұрақсыздығының әсерінен туған қателіктер	70
4.2.5. Геометриялық фактор.....	71
4.2.6 GPS - өлшеу дәлдігін жасанды төмендету себептері мен әдістері.....	73
Бақылау сұрақтары.....	74

5-БӨЛІМ. ЖЕРСЕРІКТІК ӨЛШЕУЛЕРДІ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ҰЙЫМДАСТЫРУ

5.1. Жерсеріктік өлшеуді жобалау мен ұйымдастыру ерекшелігі.....	77
5.1.1. Статикалық режим (Static).....	79
5.1.2. Қайта оралып өлшеу.....	79
5.1.3. «Тұрмын–жүремін».....	80
5.1.4. Кинематикалық өлшеу режим.....	80
5.2. GPS - қабылдағыштарымен өлшеудің өндірістік технологиясы.....	84
5.2.1. Аппаратураларды далалақ жерсеріктік өлшеуге даярлау.....	84
5.2.2. Жұмыс режиміне кіру және өлшеу жүрісін бақылау.....	86
5.2.3. Бақылау сеансын аяқтау.....	87
5.2.4. Жинақталған ақпараттарды сақтау.....	88
5.2.5. Дала журналын ашу.....	88
5.3. Жерсеріктік өлшеудің нәтижелерін өңдеу.....	89
5.3.1. Қабылдағышта жүргізілетін жерсеріктік өлшеуді алғашқы өңдеу.....	90
5.3.2. Өлшеу аяқталғаннан кейін жүргізілетін жерсеріктік өлшеуді алдын ала өңдеу.....	93
5.4. Жерсеріктік геодезиялық желіні теңестру.....	96
5.4.1. Жерсеріктік өлшеулердің соңғы өңделуі.....	96
5.4.2. Жерсеріктік өлшеулерді жерсеріктік қабылдағыштарды жасаушы фирма программасы бойынша соңғы өңдеу.....	98
5.4.3. Жерсеріктік технология бойынша жасалған геодезиялық тораптарды теңдестіру.....	99
5.5. Арнайы жасалған программа бойынша теңдестіру.....	100
5.6. Жерсеріктік өлшеулерді трилатерациялау торабы ретінде теңдестіру.....	101
Бақылау сұрақтары.....	102

6-БӨЛІМ. МЕМЛЕКЕТТІК ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТІРЕК ТОРАПТАРЫН ҚҰРАУДА ЖЕРСЕРІКТІК ТЕХНОЛОГИЯНЫ ПАЙДАЛАНУ

6.1. Қазақстан Республикасының Мемлекеттік геодезиялық тірек тораптарын дамытудағы негізгі бағыттар	104
6.2. Геодезиялық GPS базалық стансалары және оларды құру ерекшеліктері	106
6.2.1 Топография, құрылыс, картография, кадастр және т.б. арналған геодезиялық қамтамасыз ету.....	107
6.2.2. Жер қыртысы табиғи және қолдан жасалған (немесе жасанды) нысандар мониторингісі.....	108
6.2.3. Механизмдерді басқару.....	108
6.2.4. ГАЖ үшін деректер жинау.....	109
6.3. GPS желісі және базалық станциялар	109

6.3.1. Базалық станцияны бағанаға (тірек) орналастыру.....	112
6.3.2. Ғимаратқа базалық станцияларды орнату.....	114
6.3.3. Жасанды ғимаратқа базалық станцияларды орнату.....	115
6.4. GPS қабылдағыштар, GPS антенналар.....	116
6.4.1. GPS қабылдағыштар.....	116
6.4.2. GPS антенналар.....	117
6.4.3. Антенна кабелдері.....	118
6.5. GPS базалық станциясына арналған программа және басты компьютер (сервер).....	118
6.5.1 RTK/DGPS деректерін есептеу.....	120
6.5.2 RTK деректерінің сапасын жақсарту үшін түзету параметрлерін есептеу және желіні үнемі талдау.....	120
6.5.3. Антенна координатын есептеу.....	121
6.5.4. RTK және DGPS деректер: қабылдағыштардан беріліс.....	121
6.5.5. RTK және DGPS деректер: серверден беру және есептеу.....	121
6.5.6. RTK—да жұмысты жақсарту үшін желінің түзету параметрлерін есептеу және үнемі желіні талдау.....	122
6.5.7. RTK—да жұмысты жақсарту үшін желі түзетулерінің параметрлерін есептеу және тұрақты желі талдауы.....	123
6.5.8. RTCM V3.0 форматындағы желі деректері мен түзетулер.....	124
6.6. RTK режимінде жұмысты жетілдіру.....	126
6.6.1. Желідегі станциялар арасындағы базалық тізбектерді өңдеу.....	127
6.6.2. Антенна координатын тексеру.....	127
6.6.3. Жер қыртысының, табиғи немесе жасанды нысандардың ығысуын бақылау.....	128
6.7. WGS-84 жүйесіндегі базалық станциялардың координатын анықтау.....	129
6.7.1. Базалық станцияларды орналастыру.....	131
6.7.2. Жеке базалық станциялар немесе базалық станциялар желісінің кейбір мысалдары.....	132
6.7.3. Карьер, құрылыс алаңы немесе пайдаланушылардың аздаған жергілікті тобы сияқты кішкентай аумақ үшін жеке базалық станция.....	132
6.7.4. Салыстырмалы түрде шағын дамымаған аумақ үшін қамтуды қамтамасыз ететін бірнеше станциядан тұратын қарапайым желі.....	133
6.7.5. Экономикалық тұрғыда нашар дамыған өте үлкен өңірді RINEX деректермен қамтуды қамтамасыз ететін станциялардың саны бар желі және RTK/DGPS деректермен шектелуін қамту.....	135
Бақылау сұрақтары.....	137

7-БӨЛІМ. АРНАЙЫ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТАПСЫРМАЛАРДЫ ШЕШУДЕ ЖЕРСЕРІКТІК ӨЛШЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

7.1. Қабылдау жүйелерінің классификациясы.....	141
7.2. Геодинамикалық мәселерді шешу.....	142
7.3. Жерсеріктік технологияны қолданбалы геодезияда пайдалану.....	143
7.4. Жерсеріктік технологияны теңіз геодезиясында қолдану ерекшеліктері.....	145
7.5. Топографиялық-геодезиялық өндіріске жерсеріктік технологияларын енгізу және пайдалану.....	149
7.6. Нақты уақыттағы кинематикалық өлшеу және өңдеу режимдері.....	154
7.7. Жерсеріктік координаттық анықтауды қолдана отырып аэротүсіріс жұмыстарын орындау.....	155
Бақылау сұрақтары.....	157

8-БӨЛІМ. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ЖЕРСЕРІКТЕРІНІҢ GPS-НАВИГАЦИЯЛЫҚ ҚҰРАЛ-ЖАБДЫҚТАРЫ

8.1. 4600LS Trimble.....	158
8.1.1. Trimble TS 5700 GPS қабылдағыш.....	159
8.1.2. Trimmark 3 Trimble радимодемі.....	161
8.1.3. Trimble R8 GNSS – қабылдағышы.....	162
8.1.4. Spectra Precision EPOCH 50.....	164
8.1.5. LEICA GPS1200.....	167
8.1.6. Topcon GB-1000 қабылдағышы.....	169
8.1.7. Topcon HiPer.....	170
8.1.8. FC-2000 Контроллер.....	172
8.1.9. Контроллер FC-100.....	173
8.2. Жерсеріктік навигациялық қабылдағыштары.....	174
8.2.1. eTrex-тің навигациялық GPS қабылдағышы.....	175
8.2.2. Garmin GPSMAP 176C/176/276 серияларының GPS қабылдағыш навигаторлары.....	176
8.2.3. Картографиялық мүмкіндіктері.....	177
8.2.4. Қолдану саласы.....	178
8.2.5. GARMIN GPS - map176C навигаторының қосымша параметрлері.....	179
8.2.6. GPS III Plus.....	179
8.3. GPS қабылдағыштарының жалпы жіктемесі.....	180
8.4. Тізбекті бақылайтын қабылдағыштар.....	180
8.5. Энергияны минималь тұтынатын бір арналы қабылдағыштар.....	181
8.6. Бір арналы қабылдағыштар.....	181
8.7. Арнаны жылдам қосатын бір арналы қабылдағыштар.....	182
8.8. Екі арналы ретті (тізбекті) қабылдағыштар.....	182
8.9. Үздіксіз әрекеттегі қабылдағыштар.....	182
Бақылау сұрақтары.....	183
	185

9-БӨЛІМ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ӨЛШЕУЛЕРДІ ӨНДЕУ ПАКЕТТЕРІ

9.1. GPS деректерін (мәндерді, мәліметтерді) өңдеу.....	186
9.1.1. TopSURV GPS+.....	187
9.1.2. TOPNET.....	188
Бақылау сұрақтары.....	190
ӘДЕБИЕТТЕР.....	191
Терминдік түсіндірме сөздік.....	192

ҚОСЫМША.....	196
--------------	-----

ПӘННІҢ ОҚУ БАҒДАРЛАМАСЫ – SYLLABUS

Қанай Бақытұлы РЫСБЕКОВ

**ГЕОДЕЗИЯДАҒЫ ЖЕРСЕРІКТІК
РАДИОНАВИГАЦИЯЛЫҚ
ЖҮЙЕЛЕР**

ОҚУЛЫҚ

Басуға 26.12.2011 ж. қол қойылды. Офсеттік басылым. Пішіні 60х90 1/16.
Баспа табағы 14. Таралымы 1000 дана. Тапсырыс №

Тапсырыс берушінің дайын файлдарынан басылып шықты.