

УДК 528
ББК 26.11

Қ 87 Кыргызбаева Г. М. Жоғарғы геодезия: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2014. – 151 б.

Кесте 5. Сурет 26. Библиогр. – 27 атау.
ISBN 978-601-228-641-0

Жоғарғы геодезия оқу құралы «Геодезия және картография» мамандығының оқу бағдарламасына сәйкес жазылған. Бұл пәнді оқытудың негізгі мақсаты – студенттерге жер бетіндегі барлық топографиялық түсірістер мен жоғарғы дәлдікті геодезиялық жұмыстарды өз бетімен жүргізуді үйрету. Студенттердің бұл пәнді оқы олардың болашақ мамандығына деген көзқарасының қалыптасуымен қатар, кейін «Геодезиялық өлшеулер нәтижелерін математикалық өңдеу», «Ғарыштық геодезия» сияқты пәндерді игеруінің негізін қалайды.

Оқу материалын баяндау барысында жоғарғы геодезия ғылымы мен өндірісінің осы күнгі жетістіктеріне, геодезиялық жаңа аспаптарға, оның ішінде жер серіктері технологиясын пайдаланудың түсіріс әдістеріне және далалық өлшеу нәтижелерін ғылыми өңдеу негіздеріне басты көңіл аударылады.

Әрбір тараудың соңында өзіндік тексеру сұрақтары мен есептеудің үлгілері келтірілген. Мұның бәрі, әлбетте, студенттердің, оның ішінде сырттай оқын-үйренетін студенттердің оқу материалдарын аудиториядан тыс игеруіне өте үлкен септігін тигізеді.

УДК 528
ББК 26.11

Пікір жазғандар:

М. Б. Нұрпейісова – техн. ғыл. док-ры, профессор,

Х. А. Юсупов – «Қазақстан минеральды ресурстар» Тау-кен компаниясы, техн. ғыл. док-ры, профессор

Х. М. Касымканова – техн. ғыл. док-ры, профессор

Г. К. Жангулова – техн. ғыл. канд., доцент

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің
2014 жылғы басылым жоспары бойынша басылды.

ISBN 978-601-228-641-0

© Кыргызбаева Г. М., 2014

© ҚазҰТУ, 2014

КІРІСПЕ

Жоғарғы геодезия оқу құралында Жердің пішіні мен гравитациялық өрісі, координаттар жүйесі Жоғарғы геодезия қолданылатын мемлекеттік геодезиялық тораптардың құру принциптері және рекогносцировка, жергілікті жерде геодезиялық пункттерді орнату, дәлдік баға априоры, нақтылы жүру жолдары мен тор дәлдігінің жоғарлауы; жоғарғы дәлдікті нивелир торының теориясы және тәжірибелік құрастыруы, Гаусс-Крюгер проекция жазықтығындағы алдын ала есетеулер мен геодезиялық торларды теңестірудің теориясы; эллипсоид бетінде айналу эллипсоид параметрлерін шешу, геодезияның теориялық негіздері, тіктеуіш сызығының ауытқуы, ауырлық күшінің геопотенциалы, жоғарғы геодезияның редукциялық есебі, геодезиялық әдіспен геодинамика есептерін шешу сияқты мәселелер қарастырылған.

Жоғарғы геодезия бір-бірін толықтыратын «Негізгі геодезиялық жұмыстар», «Сфероидтық геодезия» және «Теоретикалық геодезия» үш тараудан тұрады.

«Негізгі геодезиялық жұмыстар» тарауында Жердің тұрақсыз (шынайы) гравитациялық өрісінде мемлекеттік геодезиялық торларды (пландық және биіктіктік) тұрғызу мәселесі, оларды құру әдістері, жергілікті жерде торларды жобалау және бекіту, жоғарғы дәлдікті геодезиялық өлшеулерді жүргізу әдістері мен аспаптары, өлшеу кезінде кеткен қателіктер оларға әсер ету деңгейін есептеу әдістері, Жер бетінің қисықтығын және гравитациондық өрістің әркелкілігін ескере отырып, өлшеу нәтижелерін математикалық өңдеу әдістері қарастырылады.

«Сфероидтық геодезия» тарауында Жер эллипсоидының геометриясы, Жер жазықтығы бетінде және үшөлшемді кеңістіктегі геодезиялық есептерді шешу әдістері, сонымен қатар эллипсоид бетінің шар бетінде және жазықтықта бейнелену теориясы зерттеледі.

Ал, «Теоретикалық геодезия» жоғарғы геодезияның есептері мен негізгі ғылыми мәселелерін шешу әдістері мен теориясын құрастырумен айналысады, бұл мақсаттарда тірек геодезиялық торларында орындалып, қажет жағдайда белгілі бір уақыт аралығында геодинамикалық және басқа да есептерді шешуде қолданылатын заманауи астрономиялық-геодезиялық, гравиметриялық, жерсеріктік және басқа да жоғарғы дәлдікті өлшеу түрлерінің толық кешенін қолданады.

Назарларыңызға ұсынылып отырған бұл оқу құралы кәзіргі кездегі геодезия ғылымы мен техникасының дамуына, геодезия саласының жай-

күйіне және оған қойылатын талаптарға сәйкес жазылған. Оқу құралы Жоғарғы геодезия жөнінде мемлекеттік тілде жазылып отырған тұңғыш оқулық болғандықтан, бұл кітапта кемшілік-тілек-талаптарыңызды Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасына жіберулеріңізді өтінемін.

1. ЖОҒАРҒЫ ГЕОДЕЗИЯ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК

1.1 Жоғарғы геодезия пәні және міндеттері

Геодезия Жер туралы ғылым ретінде ежелгі көне ғылымдардан келді және грек тілінен аударғанда "жерді бөлу" деген мағынаны береді. ХІХ ғасырдан бастап жалпы геодезияны *геодезия* және *жоғарғы геодезия* деп бөле бастады.

Геодезияның басты мақсаты – өлшеулер арқылы карта мен пландарға жер бетінің кішігірім учаскілерінің бөлшектерін бейнелеу болса, Жоғарғы геодезия жер бетінің тұтас немесе белгілі бір бөлігін тіктеуіш сызығы, фигуралары мен Жердің гравитациялық өрісін ескере отырып зерттейтін және бейнелейтін ғылым саласы.

Жердің пішіні деп Жердің физикалық бетін атайды. Ал Жердің гравитациондық өрісі деп тартылыс күші мен кері итеруші күшке парапар ауырлық күші өрісі түсіндіріледі. Жердің гравитациялық өрісін зерттеу - басқа да физикалық құбылыстарды зерттеу сияқты геофизикалық маңызды мәселе болып табылады.

Жоғары геодезия – Жердің өлшемдерін, пішінін және гравитациялық өрісін анықтаумен, мемлекеттік тірек геодезиялық тораптарын құрумен, геодинамикалық құбылыстарды зерттеумен, Жер эллипсоиды бетіндегі және кеңістіктегі геодезиялық есептерді шешумен айналысатын ғылым.

Жоғары геодезияның шешетін есептері ғылыми және ғылыми-техникалық болып екіге бөлінеді. Жоғары геодезия мен оған қатысты ғылымдардың (гравиметрия және Жер пішіні теориясы, ғарыштық геодезия және астрономия) негізгі ғылыми мәселесіне Жер пішінінің параметрлерін, сыртқы гравитациялық өрісін және олардың уақыттық кеңістіктік өзгерістерін анықтау болып табылады. Қазіргі кезде жоғары геодезияда Жер пішіні ретінде Жердің физикалық бетімен, яғни құрлықтың қатты қабығымен және мұхиттар мен теңіздердің тыныштық күйіндегі деңгейімен шектелген фигура қабылданған. Жердің гравитациялық өрісі деп Жердің тәуліктік айналуынан туындайтын центрден итеруші күш пен тартылыс күшіне тең болатын ауырлық күшінің өрісі қабылданады.

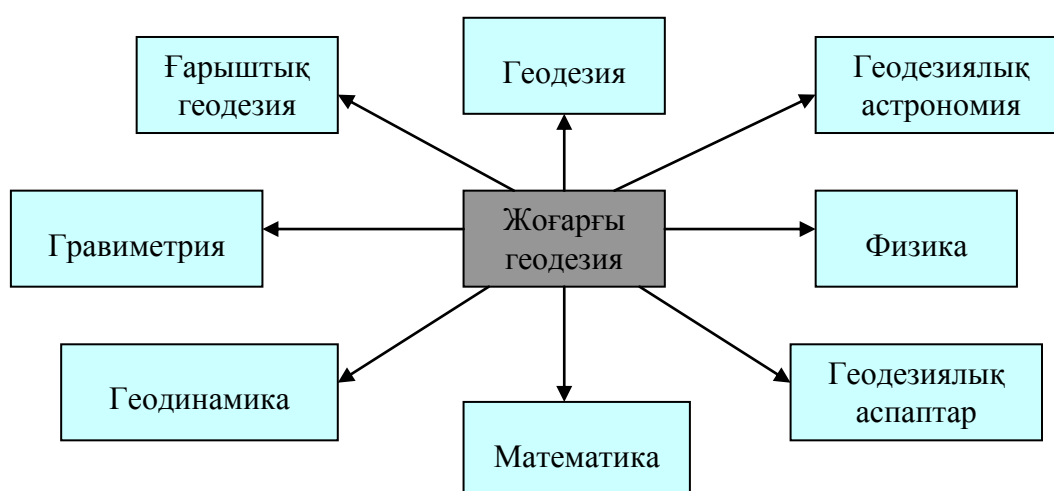
Жердің гравитациялық өрісін зерттеу – Жердің басқа физикалық өрістерін зерттеу сияқты маңызды геофизикалық мәселе болып табылады. Астрономиялық-геодезиялық, гравиметриялық, жерсеріктік және басқа да өлшеулер кешенін өңдеуден анықталатын Жер пішінінің параметрлері мен гравитациялық өрісінің Геодезия ғылымы үшін маңыздылығын және олардың Жоғары геодезияның көптеген есептерін шешуде қолданылуын

ескерсек, Жердің гравитациялық өрісін зерттеу геодезияның басты ғылыми мәселесінің бірі болып табылады.

Жоғарғы геодезия мен оған қатысты ғылымдардың негізгі ғылыми-техникалық мәселесіне жоғарғы дәлдікті ғаламдық (жалпы Жер шары) және ұлттық (мемлекет аумағында) геодезиялық тірек тораптарын құру жатады. Ұлттық тірек тораптарына мемлекеттік геодезиялық тораптар (негізгі торап, жиі жоспарлы деп аталады), мемлекеттік нивелирлік (биіктіктік) және мемлекеттік гравиметриялық тораптар кіреді. Бұл тораптар өзара тығыз байланысты және бір-бірін толықтырып отырады. Сонымен қатар, астрономиялық-геодезиялық және гравиметриялық өлшеулерді қатар орындағанда пункт координаттары мен биіктіктерін мемлекет аумағында бірыңғай жүйеде және Жердің пішіні мен гравитациялық өрісін сипаттайтын параметрлерді анықтауға мүмкіндік береді. Осы тораптарда өлшеулерді қайта жүргізген кезде пункт координаттары мен биіктіктерін нақтылап отыруға, сонымен қатар геодинамикалық құбылыстарды зерттеуге мүмкіндік туады.

Уақыт өте келе геодезиялық тірек тораптарын тұрғызу дәлдігіне деген талап үздіксіз артуда. Олар қазірдің өзінде жоғары деңгейде және де жақын арада арта түспек. Себебі, қазіргі кезде астрономиялық-геодезиялық, гравиметриялық, гравиинерциалдық және басқа да өлшеулерді Жердің жасанды серіктерінің, ғарыштық ұшу аппараттарының, Галактика шегіндегі радиосәулелену негіздерінің бақылауларын қолдана отырып прецизионды геодезиялық тірек тораптарын құрудың кәзіргі заманға сай жаңа әдістері мен теориясы өмірге еңгізіле бастады.

Жоғарғы геодезия үздіксіз жаңартылуда және жақсартылуда. Ол Жер пішіні теориясы, гравиметрия, геодезиялық астрономия, ғарыштық геодезия сияқты ғылыми пәндермен тығыз байланыста (1- сурет).



1- сурет. Жоғарғы геодезияның басқа пәндермен байланысы.

Жоғарғы геодезия өз зерттеулерінде физика, математика, астрономия және басқа да іргелі ғылымдардың жетістіктерін, ал жоғарғы дәлдікті өлшеу техникасын құрастыруда қолданбалы оптика, аспаптар құрастыру, радиоэлектроника, лазерлік техника сияқты қолданбалы пәндердің жетістіктері кеңінен қолданылады. Өлшеу нәтижелерін математикалық өңдеуде ықтималдылық теориясы, математикалық статистика, ең кіші квадраттар әдісі қолданылады. Барлық есептеулер жаңа электрондық есептеу техникасы арқылы орындалады.

Жоғарғы геодезияның зерттеу нәтижелері ғылымда және халық шаруашылығында үлкен мәнге ие. Мысалы, мемлекеттік геодезиялық тораптар ғарыштық кеңістікті игеруде, табиғи ресурстарды зерттеуде, мемлекет аумағының әр түрлі масштабтардағы карталарын жасауда, үлкен аудандарды өндірістік және ауылшаруашылық игеруде кеңінен қолданылады.

Жоғарғы геодезияның ғылыми-техникалық міндеттеріне мыналар жатады:

- жердің пішінін, сыртқы гравитациялық өрісін және олардың уақытқа байланысты өзгеруін зерттеу;

- жоғарғы дәлдіктегі геодезиялық тірек тораптарын ғаламдық (планета немесе континент шеңберінде) және ұлттық (мемлекет территориясында) жүйеде құрудың әдістерін жасау;

- геодезиялық тораптардың кеңістіктегі орындарын жер бетіндегі астрономиялық және гравиметриялық өлшеулерді, жер серіктік бақылауларды қолданып, Айға және басқа да аспан денелеріне жіберілген ғарыштық аппараттарды бақылау арқылы, квазарларды радиоинтерферометрлік бақылау арқылы анықтау жолымен алынған мәліметтерді математикалық өңдеу;

- геодезиялық координаталардың бірыңғай жүйесін бекіту;

- геодинамикалық зерттеулер: жер қыртысы мен литосфералық плиталардың деформациялары, жер сілкіністердің алдын алу мақсатымен сейсмикалық аудандарда жер қыртысының осы күнгі қозғалыстары, теңіздер мен мұхиттардың жағалауларының өзгерістері, Жер полюстерінің қозғалысы мен Жер айналымының біркелкі еместігі.

Кейінгі кезде геодезиялық тораптарды құру дәлдігіне қойылатын талаптарда күшейтілді, ол өз кезегінде аспаптарды жасау және дәлдігі жоғарғы өлшеулерді жүргізу саласында ғылыми жұмыстар жүргізуді қажет етіп отыр.

1.2 Жер эллипсоидының негізгі түсініктемелер мен анықтамалар

Жердің пішінін зерттеген кезде, ең алдымен, геодезия мен картографияның көптеген есептерін шешуге ыңғайлы және Жердің шынайы

пішінін жан-жақты аса толық сипаттайтын Жер моделінің пішіні мен өлшемдерін анықталады. Жоғарғы геодезияда Жердің ондай моделі ретінде жалпы жер эллипсоиды алынады. Ол эллипсоид мынандай шарттарға сай болуы керек:

- эллипсоидтың центрі Жердің ауырлық центрімен, ал ондағы экватор жазықтығы жер экваторының жазықтығымен қабысуы қажет;

- квазигеоидтың биіктік ауытқулары квадраттарының қосындысы эллипсоид бетіндегі барлық нүктелерде ең кіші мәнде болуы керек;

- эллипсоидтың көлемі геоид көлеміне тең болуы керек.

Центрі Жер массасының центріне, айналу осі Жердің айналу осіне, полярлық қысымы, массасы және бұрыштық жылдамдығы Жердің дәл осындай параметрлеріне сәйкес келетін жалпы жер эллипсоидын *нормальды жер* деп атайды. Нормальды жердің іргелі геодезиялық тұрақтылары деп аталатын параметрлерін халықаралық келісім бойынша стандартталады.

Астрономиялық-геодезиялық өлшеулерді математикалық өңдеу, геодезиялық торларды шығару және жеке мемлекеттер территорияларын картографиялау үшін сол территорияда өлшемдері және бағытталуы жағынан геоидқа жақын жер эллипсоиды алынады. Мұндай эллипсоидты референц-эллипсоид деп атайды. Сөйтіп, референц-эллипсоид деп жартылай осьтерінің өлшемдері анықталған, Жер бетінде белгілі түрде бағытталған және белгілі мемлекет үшін геодезиялық жұмыстар жүргізуге қабылданған айналу эллипсоидын атайды.

Алғашқы эллипсоид болып градусық өлшеулер арқылы параметрлері анықталған Делаамбр эллипсоиды алынды. Оның өзіндік тарихи маңызы бар. Ол эллипсоидтың 1 метрі Париж меридианының төрттен бір доғасының он миллиондық бөлігіне тең деп қабылданған.

Әртүрлі территориядағы референц-эллипсоидтардың бір-бірінен айырмашылығы бар. Алғашында Германияда (1841ж) Бессель эллипсоиды, АҚШ-та, Латын және Орталық Америка елдерінде, Кубада Кларк эллипсоиды (1866 ж), Европаның кейбір елдерінде Хейфорд эллипсоиды (1910ж), бұрынғы КСРО-да Красовский эллипсоиды қолданылды. Қазір жиырмадан астам референц-эллипсоидтар бар, олардың әрқайсысы Жер бетінің бір белгілі бөлігіне ғана оңтайлы. Қазақстан Республикасының территориясы үшін 1940 ж. есептелген Красовский эллипсоиды қабылданған.

Жерсеріктік геодезиялық жүйелер эллипсоидтың параметрлерін дәлірек анықтауға және оның центрін Жер массасының центрімен қабыстыруға мүмкіндік туғызады. Мұның нәтижесінде жалпы жер эллипсоиды алынады. АҚШ-тың WGS-84 (World Geodetic System 1984) жүйесі 1988жылы халықаралық болып қабылданды. 1995 жылы ПЗ-90 геодезиялық жүйесі ГЛОНАСС жүйесінің геодезиялық негізі деп жарияланды.

Геодезиялық өлшеулер Жердің күрделі физикалық бетінде жүргізіледі. Өлшеу нәтижелері ретінде сызықтардың ұзындықтары, бағыттар аралығындағы бұрыштар, жер бетіндегі нүктелер биіктіктерінің айырмашылықтары алынады. Бірақ бұл тікелей өлшенген нәтижелерді геодезиялық жұмыстардың ақырғы нәтижелері деп айту қиын.

Геодезиялық жұмыстардың ақырғы нәтижелеріне мыналар жатады:

- геодезиялық торап пункттерінің координаттары;
- пункттердің бастапқы деңгей беттен басталатын биіктіктері,
- жер бетіндегі пункттер арасындағы геодезиялық сызықтардың ұзындықтары мен азимуттары.

Бұл нәтижелерді тікелей өлшеулердің мәліметтерін пайдалана отырып есептейді. Осыған байланысты геодезиялық элементтердің физикалық бетте жүргізілген тікелей өлшеулерінен геодезиялық пункттердің белгілі бір координаталық жүйеде математикалық жолмен есептелген, бірақ Жер бетінің нақтылы пішіні мен өлшемдерін көрсететін координаталары мен биіктіктеріне көшуді егжей-тегжейлі қарастыру керек.

Шын мәніндегі Жер бетінің тегіс еместігі және уақытқа байланысты үздіксіз өзгерісі өте күрделі. Оны әр уақытқа сай анықтап отыру іс жүзінде мүмкін емес және оның қажеті де жоқ. Жердің физикалық бетінде тікелей жүргізілетін өлшеулер тіктеуіш сызықтың бағытымен байланысты, бұл жағдайда Жоғарғы геодезияда деңгейлік бет қолданылады.

Деңгейлік бет әрқашанда жазық болып келеді, оның кез келген нүктесінен жүргізілген нормаль тіктеуіш сызықпен (яғни ауырлық күшінің бағытымен) қабысып жатады. Біздің планетамыздың нақтылы бетін әжептәуір дәл бейнелейтін *геоид* болып есептеледі және де ол Жерді іс жүзінде зерттеуге өте қолайлы.

Геоид – дүниежүзілік мұхит пен теңіз суларының тыныш жағдайына сәйкес келетін, құрлықтар астынан ойша жүргізілген және де кез келген нүктесінде Жердің ауырлық центріне бағытталған тіктеуіш сызығы тік бұрыш жасап қиып өтетін тұйық бет. Әлбетте, бұл тұйық деңгейлік беттің, барлық жақтары дөңес, ешқандай қатпары немесе ой-қыры жоқ екендігін дәлелдеуге болады және де ол Жердің ауырлық пен айналу күшіне, сонымен қатар ауырлық күшінің кез келген ауытқуларына сезімтал болып келеді.

Геоид пішінін зерттеу мәселесі екі сатыдан тұрады: геоидқа ең жақын келетін эллипсоид параметрлерін және геоидтың эллипсоидпен салыстырғандағы кейбір нүктелерінің орындарын анықтау. Бұл мәселелерді шешуде гравиметриялық өлшеулер жүргізіледі.

1945 ж. ғалым М.С.Молоденский Жердің пішіні мен гравитациялық өрісін геоидтық бетке байланыстырмай-ақ анықтауға болатындығын дәлелдеді. Ол үшін М.С.Молоденский есептеулерге дәл формула арқылы анықталатын нормальдық биіктіктерді және қосымша квазигеоид бетін

енгізді. Квазигеоид беті геоид бетімен теңіздер мен мұхиттарда толығымен сәйкес келеді, ал құрлықтарда аз ғана ауытқулар байқалады. Квазигеоидтың геоидтан ең үлкен айрмашылығы 2 м шамасында және ол таулы аймақтарда байқалады.

Жоғарғы геодезия мәселелерін шешудің дұрыс қойылуы мен әдістемесі үнемі дамуда және жетілдірілуде. Жоғарғы геодезия өзінің даму жолында геодезиялық астрономия, гравиметрия, Жер фигурасының теориясымен, ғарыштық геодезия және тағы басқа да ғылым салаларымен тығыз байланысады. Жоғарғы геодезияда математика және физика сияқты іргелі ғылымдар да кеңінен қолданылуда. Жерді планета ретінде зерттеу мәселелерінде Жер туралы ғылымдар геология, геофизика, тектоника, география және т.б. байланыста болады.

Жоғарғы геодезияның ғылыми-техникалық мәселелерін шешудің де маңызы өте зор. Геодезиялық тірек тораптары барлық топографиялық-геодезиялық, жобалық-ізденістік, инженерлік, құрылыс және кадастрлық жұмыстарды жүргізудің бастапқы негіздемесі болып есептеледі. Бірыңғай координаттық кеңістік құратын геодезиялық тірек тораптарының сақталуына, дамуына және дәлдігіне жоғарыда айтылған барлық геодезиялық жұмыстардың сапасы тікелей байланысты. Жоғарғы геодезия ГАЗ нысандардың кеңістіктегі орындарын жоғарғы дәлдікпен анықтауды қамтамасыз етеді, мұнда координаттарды анықтаудың Жер серіктік ғаламдық жүйесі (GPS және ГЛОНАСС) қолданылады. Жер қыртысының қозғалыстарын геодезиялық бақылау жер сілкінісі сияқты қауіпті құбылыстардың болуын білдіретін алғашқы деформациялық қозғалыстарды байқауға мүмкіндік тудырды. Жоғарғы геодезиядағы негізгі зерттеу нысанына Жердің сыртқы динамикасы жатады.

Жергілікті және жерсеріктік астрономиялық-геодезиялық, гравиметриялық бақылаулар арқылы полюстердің жылжуын, Жердің бірқалыпсыз айналуының параметрлерін, Жер қыртысы мен литосфералық плиталардың деформациялануын, теңіз және мұхиттардың жағалау сызықтары мен топографиясының өзгерістерін Жер пішінінің және оның гравитациялық өрісінің уақыт өте келе өзгеруі анықталады.

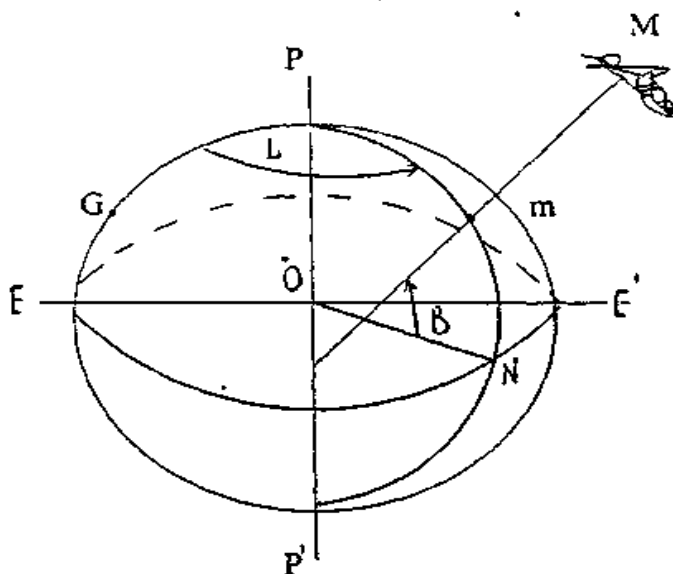
Қазіргі кезде астрономиялық-геодезиялық торап (АГТ) пункттерін қайтадан қалпына келтіру, жиілету және олардың дәлдігін арттыру мәселелерін шешуде геодинамикалық процестерді ескеруді қажет етеді. Мұнда іргелі пункттердің атқаратын ролі өте зор және олар жер бетінде біркелкі орналастыралады. Бұл пункттерде жерсеріктік астрономиялық бақылаулар; ұзын базисті радиоинтерферометрлік өлшеулер, ауырлық күші мен оның градиенттерін анықтау жүргізіледі.

1.3 Жоғарғы геодезияда қолданылатын координаталар мен биіктік жүйелері

Осы күнгі жерсеріктік және дағдылы геодезиялық өлшеулерді жүргізу әртүрлі координаталар жүйесін қолдануды талап етеді.

Геодезиялық және астрономиялық өлшеулерде қолданылатын негізгі координаталар жүйесі болып белгілі территориядағы референц-эллипсоид арқылы анықталатын геодезиялық жүйе есептеледі. Бұл жүйедегі координаталық сызықтар болып меридиандар мен параллельдер алынады. Жер беті нүктелерінің координаталары болып геодезиялық ендік – B , геодезиялық бойлық- L , геодезиялық биіктік $H^Г$ алынады (2-ші сурет).

Геодезиялық ендік B дегеніміз -ол белгілі нүктеден жер эллипсоидының бетіне түскен нормаль мен экватор жазықтығы арасындағы бұрыш.



2- сурет. Геодезиялық координат жүйесі

Геодезиялық бойлық L дегеніміз - ол белгілі нүктенің геодезиялық меридианы мен бастапқы (Гринвич) меридианы жазықтықтары арасындағы екіжақты бұрыш.

Геодезиялық биіктік H дегеніміз - жер эллипсоидының бетінен нормаль бойынша есептелген нүктенің биіктігі.

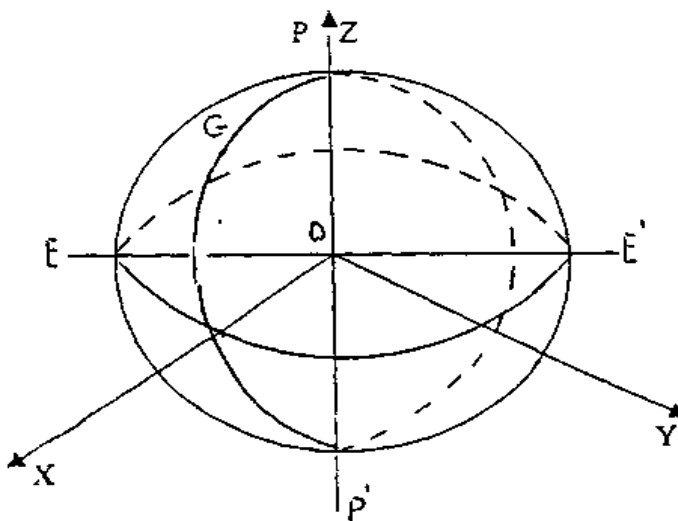
Геодезиялық координаттар тікелей өлшенбейді, олар абстрактты геометриялық фигура - эллипсоидқа жатады, сондықтан оларды бастапқы

координаталары B_0, L_0, H_0 белгілі пункттен бастап координаталар өсімшелерінің қосындылары арқылы есептейді.

Жер бетінен тұрып жұлдыздарды бақылау барысында астрономиялық ендік φ , бойлық λ және азимуттарды α анықтайды.

Геодезиялық координаттар B, L және H кеңістіктік эллипсоидтық координаттары деп аталады, олар $G(B, L, H)$ жүйесін құрайды.

Координаталарының басы Жер массасының центріне дәл келетін жүйені геоцентрлік координаттық жүйе деп атайды. Геоцентрлік экваторлық жүйеде координата осьтері жер бетіндегі немесе аспан сферасындағы ерекше нүктелерге бағытталады (3-сурет).



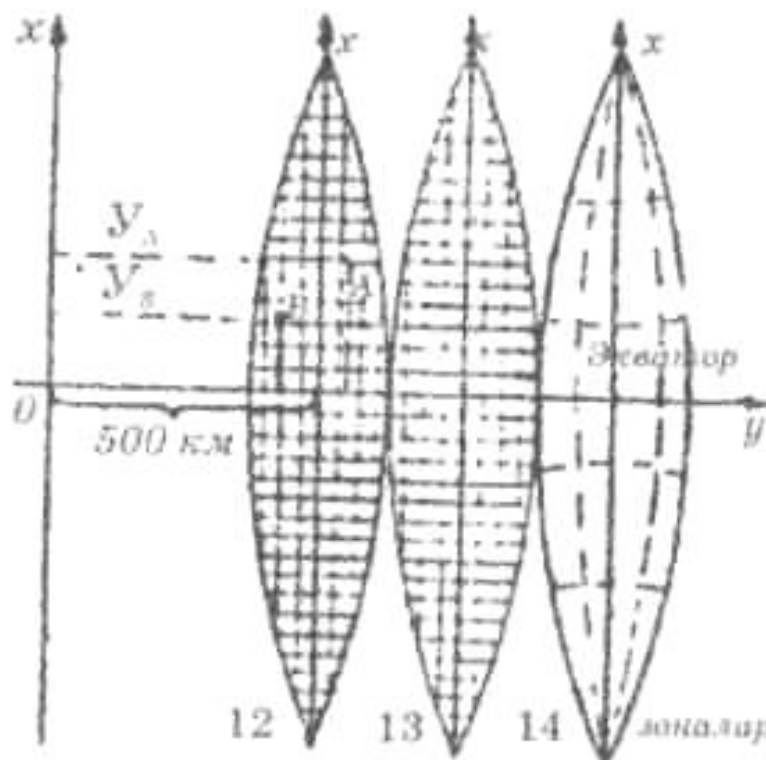
3 -сурет. Геоцентрлік экваториалдық координат жүйесі

3-суретте $Z(z)$ осі Жердің солтүстік полюсіне бағытталған. Егер мұнда X осі Гринвич меридианның G мен қиылысқан нүктесіне бағытталса, онда тік бұрышты кеңістік координаттары X, Y, Z жүйесі алынады, ол Жердің тәуліктік айналуына байланысты болады. Мұндай жүйе, негізінен, жерсеріктік өлшеулерде қолданылады. Егер X осін көктемгі күн теңесуінің нүктесіне Υ бағыттасақ, онда Жердің жылдық айналуымен байланысы жоқ хуз координаттар жүйесі алынады. Бұл координаттық жүйені хуз жұлдыздық геоцентрлік координаттық жүйе деп атайды.

Эллипсоид бетінде геодезиялық есептерді шешкенде геодезиялық координаттар формулаларының күрделілігі қолайсыз жағдайлар туғызады. Белгілі бір территорияда геодезиялық өлшеулерді өңдеу үшін жазықтықтағы эллипсоид проекциясын қолданған тиімді болады, онда координаттар сызықтық өлшемдермен беріледі.

ТМД елдерінде және Қазақстан Республикасында геодезиялық жұмыстарда көлденең-цилиндрлік Гаусс-Крюгер проекциясы, белдеулік, конформды (теңбұрышты) проекциялар қолданылады. Бұл проекцияда жер шары эллипсоиды масштабқа байланысты 6° , 3° , 1.5° зоналарға бөлінеді.

Тікбұрышты x және y координаттары зона шегінде экваторға және осьтік меридианға қатысты есептеледі. Зонаның осьтік меридианы жазықтықта түзу сызықпен бейнеленеді. Ол X осі болып қабылданады. Y осі экватор сызығының бейнесімен сәйкес келеді (4 сурет).



4 сурет. Тікбұрышты координаттар жүйесі

Қазақстан Республикасы аумағында абсциссалар тұрақты, ординаттар тек шығысжақта тұрақты да, осьтік меридианнан батысқа қарай тұрақсыз. Тұрақсыз ординаттарды болдырмау үшін меридиан осьтік нүктелеріне шартты түрде $y=500000$ м мәнін жазады да, алдында қатысты зона номерін көрсетеді.

Алтыградустық зонаның осьтік меридианы $1:1000000$ масштабтағы карта парақтарының орталық меридиандарымен сәйкес келеді. Зонаның реттік номері мына формуламен анықталады:

$$n = N - 30, \quad (1)$$

мұнда N - $1:1000000$ масштабтағы карта парағының колонна номері.

Алтыградусты зонаның осьтік меридиан бойлығы келесі формула бойынша есептеледі:

$$L_0 = 6n - 3, \quad (2)$$

мұнда n - зона номері.

Жазық тікбұрышты координаттар x , y жүйесі және $z = H$ биіктігі $P(x, y, z)$ жүйесін құрады, олар геодезиялық және топографиялық өлшеулерде қолданылады. x , y координаттары және z биіктігі өзара тәуелсіз.

Жоғарыда айтылған координаттар жүйесі геодезиялық, топографиялық және картографиялық практикада және теорияда кеңінен қолданылады.

B, L және H^{Γ} эллипсоидальды координаттар, XYZ тікбұрышты кеңістік координаттары және жазық тікбұрыш координаттары x және y геодезиялық координаттар жүйесін құрайды. Ол Жер бетіндегі геодезиялық деректерді, топографиялық түсірістерді және картографиялауды бір жүйеге біріктіреді. Бұл жүйенің координаттары Жер эллипсоиды бетіне түсірілген нормальмен байланысты, ол Жердің физикалық бетін және геоидты зерттегенде ыңғайлы.

Жердің физикалық бетіндегі қандай да бір нүктесін референц-эллипсоид бетіне қатысты анықтау үшін геодезиялық ендіктен B және геодезиялық бойлықтан L бөлек тағы үшінші координатты – геодезиялық биіктікті H^{Γ} білу қажет.

Биіктік нүктелерін білу бедерді зерттеуде, барлық инженерлік жұмыстарды жобалауда және құрылыстарын жүргізуде қажет. Биіктіктер жер эллипсоиды бетіндегі барлық өлшенген шамаларды редуцирлеу кезінде де керек.

H^{Γ} геодезиялық биіктік референц-эллипсоид бетінде нормаль бойынша есептеледі және екі шама қосындысы болып анықталады.

$$H^{\Gamma} = H_0 + \zeta, \quad (3)$$

мұнда H_0 - физикалық Жер бетінің квазигеоид үстіндегі берілген нүктесінің нормаль биіктігі. Ол геодезиялық биіктіктің H^{Γ} гипсометриялық бөлігін құрайды және негізінен Жердің физикалық бетінің бедерін анықтайды. Гипсометриялық биіктік анықтау әдісіне байланысты әртүрлі мәндерге ие: ортометриялық, нормальды және динамикалық.

H_0 мәні геометриялық нивелирлеумен анықталады.

ζ геоидальды бөлігін биіктік аномалиясы деп атайды. Ол геоид бетінің эллипсоид бетінен ауытқуын береді және Жер қойнауындағы массалардың біртегіс таратылмауына негізделеді.

«Жердің пішіні қандай?» екен деген сұрақ көптеген ойшылдардың көңілін аударған. Жер пішіні шар тәрізді, кейінірек шар пішініне жақын эллипсоид тәрізді деген ой бірден пайда болған жоқ. Жер шары радиусын анықтау үшін Жер бетіндегі өлшеулер ерте заманнан бері градусық өлшеулер деп аталады.

Жердің өлшемін бірінші анықтаған - Эратосфен (3 ғ. б э. д.). XIII-ғасырда Ұлықбек салғызған Самарқантағы обсерваторияда аспап денелерін астрономиялық бақылау арқылы меридиандық доғаның ұзындығы анықталған. Ұлықбектің сол кезде жүргізген зерттеулерінің нәтижелері Шығыс пен Батыс, оның ішінде Қытай мен Индияда жоғарғы геодезия ғылымының дамуына зор ықпалын тигізген. Голландияда және Францияда бірінші градусық өлшеулер XVII ғ триангуляция әдісін қолдану арқылы жүргізілген.

Жер радиусын анықтау негізгі жай геометриялық байланыстардан орындалған:

$$\frac{S}{S_{1^{\circ}}} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{1^{\circ}}, \quad (4)$$

мұнда $S_{1^{\circ}}$ - 1° доға ұзындығы.

Жер пішінін зерттеудегі негізгі әдістерге мыналар жатады:

1. Астрономиялық-геодезиялық әдіс, геодезиялық және гравиметриялық өлшеулерді жер бетінде қолданылады.
2. Гравиметриялық әдіс, жер шарының әртүрлі нүктесінде ауырлық күшінің үдеуін өлшеуде қолданылады.
3. Ғарыштық геодезиялық әдіс, Жердің жасанды және табиғи серіктерін, алыс ғарыштық объектілерін бақылауға негізделген.

Бақылау сұрақтары:

1. Жоғарғы геодезиядағы негізгі ғылыми есептерді ата.
2. Жер пішінін және оның гравитациялық алқабын зерттеудегі негізгі әдістері қандай?
3. Референц-эллипсоидқа және жалпы Жер эллипсоидына анықтама беріңіз.
4. Жоғарғы геодезияда қолданылатын биіктік жүйелерін атаңыз.
5. Жоғарғы геодезияда қолданылатын координаттар жүйесін атаңыз.

2. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТІРЕК ТОРАПТАР

2.1 Геодезиялық тірек тораптары, олардың мағынасы, сұлбасы және құрастыру принципі

Геодезиялық тірек торабы – орналасуы координаталар мен биіктіктердің ортақ жүйесінде анықталған арнайы белгілермен және орталықтармен бекітілген жер бетіндегі пункттер жүйесі.

Геометриялық негізі бойынша пландық, биіктіктік және кеңістіктік геодезиялық тораптар деп бөлінеді.

Пункттердің пландық координаттары триангуляция, полигонометрия және трилатерация әдістерімен анықталады. Биіктік нивелирлік тораптарда түктелердің биіктіктерін геометриялық және тригонометриялық нивелирлеу әдістерімен алады. Көбінесе жұмыс нәтижесінде координаттарды да, биіктіктерді де анықтайтын геодезиялық тораптар кездеседі, мұндай торлар жобалы-биіктік тораптар деп аталады.

Қазіргі уақытта геодезиялық тірек тораптарын құруда GPS-технологиясы кеңінен қолданылуда.

Кеңістіктік тораптарында пункт орны өлшеулерді өңдеу арқылы пункт орны үш өлшемді анықталады. Геодезиялық тораптар шағын және үлкен жер беті аудандарында құрыла береді.

Бүкіл жер шарын жауып тұрған Ғаламдық геодезиялық торап, іргелі астрономиялық-геодезиялық торап (ІАГТ), жердің жасанды серігін (ЖЖС) қолдана отырып ғарыштық геодезия әдістерімен құрылады.

Ұлттық геодезиялық тораптар мемлекеттік геодезиялық торап (пландық), мемлекеттік нивелирлеу торабы (биіктік) және мемлекеттік гравиметриялық торап болып бөлінеді.

Барлық үш түрдегі мемлекеттік геодезиялық тораптар жеке-жеке құрылады, бірақ олар бір-бірімен тығыз байланысты және де бір-бірін толықтырып отырады.

Мемлекеттік геодезиялық тораптар келесі ғылыми және инженерлік-техникалық есептерді шешуге арналған:

1. Бірыңғай геоцентрлік координаттар жүйесін бекіту, ол инерциалды астрономиялық координаттар жүйесімен, Жердің пішінін және сыртқы гравитациялық алқабын зерттеумен, полюстер қозғалысын анықтаумен және Жердің әр дәуірде біркелкі айналмауымен байланысты.

2. Құрлықты, континентальды шельфті, теңіз акваториясын және әлемдік мұхитты картографиялауды, ғарыштық кеңістікті зерттеуді, координаттарды анықтаудың және табиғатты зерттеудің ғарыштық тәсілдерін игеруді, үлкен масштабты түсірістерді және инженерлік-техникалық жұмыстар мен зерттеулерді меңгеруді геодезиялық қамту.

3. Литосфераның және Жердің су қабатының динамикасын, глобалдық және аумақтық сипаттағы геотектоникалық процестерді болжауды, литосфералық плиталар мен жеке аумақтар шегінде жер қозғалысын зерттеуді геодезиялық негіздеу.

4. Координаттар мен уақыт тасымалдаушы жер серіктерін, ғарыштық объектілерді, оның ішінде Ай және алыс радионегіздерді бақылаудың аса дәл жүйесін эталондау.

Негізгі геодезиялық тірек тораптарын құру барлық басқа геодезиялық және картографиялық жұмыстарға ықпал етеді. Оларды жоғары дәлдікті астрономиялық, гравиметриялық, бұрыштық және сызықты өлшеулер жүргізу, пункттер арасындағы өсімшелерді өлшеу, ЖЖС және ғарыштық объектілерді бақылау нәтижелерін ары қарай өңдеу арқылы құрайды.

Мемлекеттік геодезиялық тораптар қалалық және ірі шаруашылық–өндірістік аумақтарда, сонымен қатар шикізат базалары мен пайдалы қазбаларды өңдеудің ірі аумақтарында басты жобалық негіз болады. Мемлекеттік геодезиялық тораптар триангуляция, трилатерация, полигонометрияның 1 және 2 разрядты, техникалық нивелирлеу түрінде берілетін геодезиялық жиілету тораптарына негіздеме ретінде қолданылады, ал олардың негізінде теодолиттік жүріс, микротриангуляция түріндегі түсірістік негіздеме тораптары дамытылады.

Мемлекеттік геодезиялық тораптың жалпы қабылданған принципі «жалпыдан жекеге көшу» принципі болып есептеледі, яғни өте ірі және дәл құрылымдардан кіші және аз дәлдікті бөлшектік құрылымдарға, жоғарғы кластан төменгі класқа көшуге негізделеді.

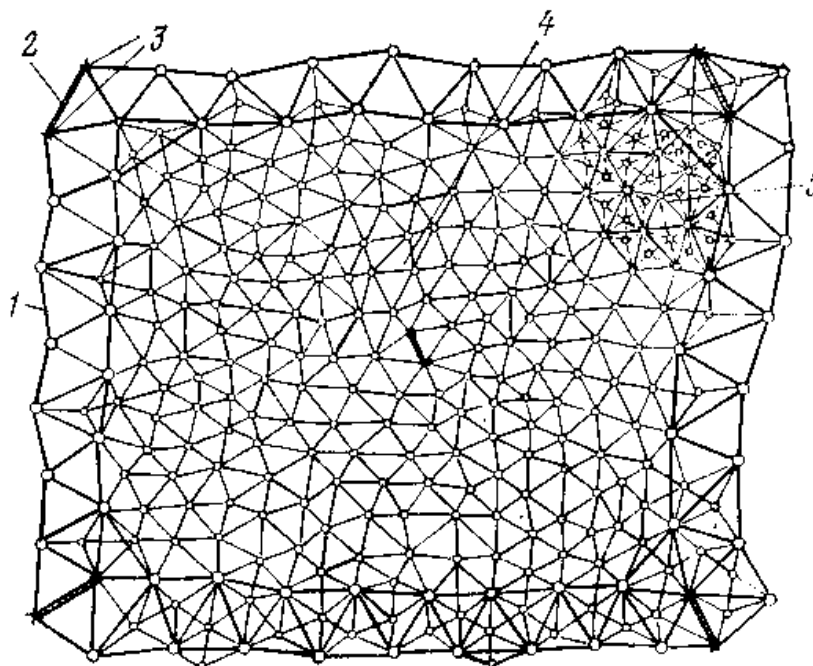
Мемлекеттік геодезиялық торап полигондар түрінде құрылады және астрономиялық-геодезиялық тораптар әдісіне сүйенеді. Онда өлшеулер жоғарғы дәлдікте орындалған. Бұл торап бастапқы болады және оның негізінде 2-ші ретті геодезиялық тораптар құрылады.

2.2 Мемлекеттік геодезиялық тораптарды құру сұлбасы

Мемлекеттік геодезиялық тораптар 1,2,3 және 4 класстарға бөлінеді, олар өз араларында бұрыштардың және арақашықтықтың дәлдігімен, тораптың қабырға ұзындығымен және әрі рет-ретімен дамуымен ажыратылады. Негізгі құру әдістері - триангуляция, полигонометрия, трилатерация және Жер серіктік бақылаулар.

1 класс астрономиялық-геодезиялық торабын құруда Красовский бағдарламасы қолданылады. АГТ полигональды астрономо-геодезиялық торап түрінде құрылған. Ол периметрі 800 км полигон жүйесін құрайды, әрқайсысының ұзындығы 200 км меридиан және параллель бағыттарында

орналасқан триангуляциялык немесе полигометриялык звенолардан құралады (5 сурет).



5 сурет. Мемлекеттік геодезиялық тораптар сұлбасы:

1 – 1 классты триангуляция торабының звонесының үшбұрыштар қабырғасы; 2- базисті қабырға; 3- Лаплас пункттері; 4- 2 классты триангуляция торабының үшбұрыштар қабырғасы; 5- 3 және 4 классты триангуляция тораптарының үшбұрыштар қабырғасы.

Звенолардың қиылысында базис қабырғалары өлшенеді. Базис қабырғаларының екі жағында Лаплас пункттері анықталады, оларда астрономиялық ендік, бойлық және азимут анықталған.

АГТ және жалпы гравиметриялық түсіріс Жер өлшемдерін, оның сыртқы гравитациялық өрісін, сонымен қатар мемлекет аумағына бірыңғай координаттар жүйесін орналастырумен байланысты негізгі ғылыми есептерді шешуге арналған.

2 классты геодезиялық тораптар 1 классты полигонды толтыра жалпы үшбұрыштар торы түрінде құрылған. Триангуляцияның орнына торапты 2 классты полигометрия әдісімен құруға рұқсат етіледі. 2 классты геодезиялық тораптар келесі класс тораптарын жиілету, дамытуға және барлық топографиялық түсірісті және инженерлік құрылыстарды геодезиялық негіздеу үшін құрылады.

3 және 4 класс геодезиялық тораптары 2 класс торында геодезиялық пункттерді талап етілетін тығыздыққа дейін жиілетуге қызмет етеді. 3 және 4 класс триангуляциясының орнына сәйкес полигометрия торабы қолданыла береді. Полигометриялық жүрістер жоғарғы классты пункттерге сүйене отырып жүйе түрінде немесе жеке жүріс түрінде қолданыла береді.

Мемлекеттік геодезиялық тораптар пункттерінде биіктіктер анықталуы керек, олар геометриялық немесе тригонометриялық нивелирлеуден алынады.

Инструкцияға сәйкес 1,2,3 және 4 классты Мемлекеттік геодезиялық тораптардың негізгі техникалық сипаттамасы 1- кестеде келтірілген.

1-кесте. Мемлекеттік геодезиялық тораптардың негізгі техникалық сипаттамасы

Көрсеткіштер	Кластар			
	1	2	3	4
Триангуляция звеносының ұзындығы (км)	200-250	-	-	-
Үшбұрыш қабырғасының немесе полигонометрия жүрісінің орта ұзындығы (км)	20-25	7-20	$\frac{5-8}{3-8^*}$	2-5
Базистік жақтың қатыстық қатесі	1/400 000	1/300 000	1/200 000	1/200 000
Полигонометрия қабырғаларын өлшеудегі қатыстық қателік	1/300 000	1/250 000	1/200 000	1/150 000
Үшбұрыш бұрышының ең кіші өлшемі	40°	20°	20°	20°
Үшбұрышта жіберілетін қателік	3"	4"	6"	8"
Бұрыштың ОКҚ (үшбұрыштың қателеріне байланысты).	$\frac{0.7''}{0.4''}$	1"	1.5"	2"
Астрономиялық анықтаулардың ОКҚ:		-	-	-
ендіктер	0.3"	-	-	-
бойлықтар	0.03 ^s	-	-	-
азимуттар	0.5"			

Қазақстан Республикасының астрономиялық-геодезиялық тораптар тұйықталған полигондар құрайтын 1 класс триангуляция қатарынан және Республиканың барлық территориясын жауып жатқан 2 класты триангуляция жалпы торынан тұрады. Қазақстан республикасының астрономиялық-геодезиялық тораптары бұрынғы КСРО-ның астрономиялық-геодезиялық тораптарының құраушы бөлігі болып келеді және 1 және 2 классты 11400 пункттен, 318 астропунктінен және 224 базисінен тұрады. Геодезиялық торап бақылаулары 1928-1980жж арасында орындалған.

Астрономиялық-геодезиялық тораптар талаптарға сай құрылған және өлшеудің дәлдік көрсеткіштерін қанағаттандырады.

2 класты жалпы триангуляциялық тораптың кейбір жерлерінде талаптардан ауытқулар кездеседі [11]. Ондай ауытқуларға келесі жағдайлар жатады: жергілікті жер бедерімен және қиын жететін төбелерге және мемлекеттік шекара оларға орналасқан торап учаскілерінің су кеңістігімен сәйкес келуімен түсіндірілетін үшбұрыштардың қабырға ұзындығының үлкен айырмашылығы. 2 класс торабының үздіксіздігі кейбір жағдайларда бұзылған. Бұл абсолюттік биіктігі 4500м мұздықтармен көмкерілген биік таулы аумақтарда байқалады. 1 пунктін орташа ауданы 133 км² құрайды.

Қазақстанның ерекше астрономиялық-геодезиялық тораптар құрылысына ғарыштық триангуляция пункттерін қосатын хорда ұзындықтары болып табылатын Алматы-Новосибирск және Сарапул-Омск ғарыштық базистері жатады.

2.3 Қазақстан Республикасындағы геодезиялық тораптарды дамытудағы негізгі бағыттар

Қазіргі уақытта геодезиялық деректермен қамтамасыз етудің тиімді жүйесін құру, геодезиялық өлшеу технологиясын біршама өзгертетін және дәлдігі мен жылдамдығын жоғарылататын GPS/ГЛОНАСС – глобалдық навигациялық жүйелерін қолдану негізінде координаттарды анықтаудың тиімді заманауи жерсеріктік технологияларының дамуына сүйенеді.

Мемлекеттік геодезиялық тораптар пункттерінің координаттарының жоғарғы және біртекті дәл болуы GPS/ГЛОНАСС жүйелер әдістерінің геодезиялық қамтамасыздандыруын қолданғанда геодезиялық тораптардың барлық пункттерін тірек тораптары ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Соңғы уақытта барлық әлемде және біздің мемлекетте сандық картографиялау қарқынды дамуда. Заманауи жоғарғы дәлдікті жобалық негізді қолдану сандық топографиялық карталардың сапасы мен дәлдігін арттырып қана қоймай, сандық карталарды жергілікті жүйені қоса алғанда кез келген координаттар жүйесінде құруға мүмкіндік береді.

Жерсеріктік тораптарды құру, мемлекеттік геодезиялық тораптар пункттерінде жерсеріктік деректерді өңдеу, қазіргі кездегі талаптар деңгейінде геоцентрлік координаттар жүйесін құру және қолдану - мемлекеттік геодезиялық тораптар заманауи дамуындағы жоғарғы геодезия есептері.

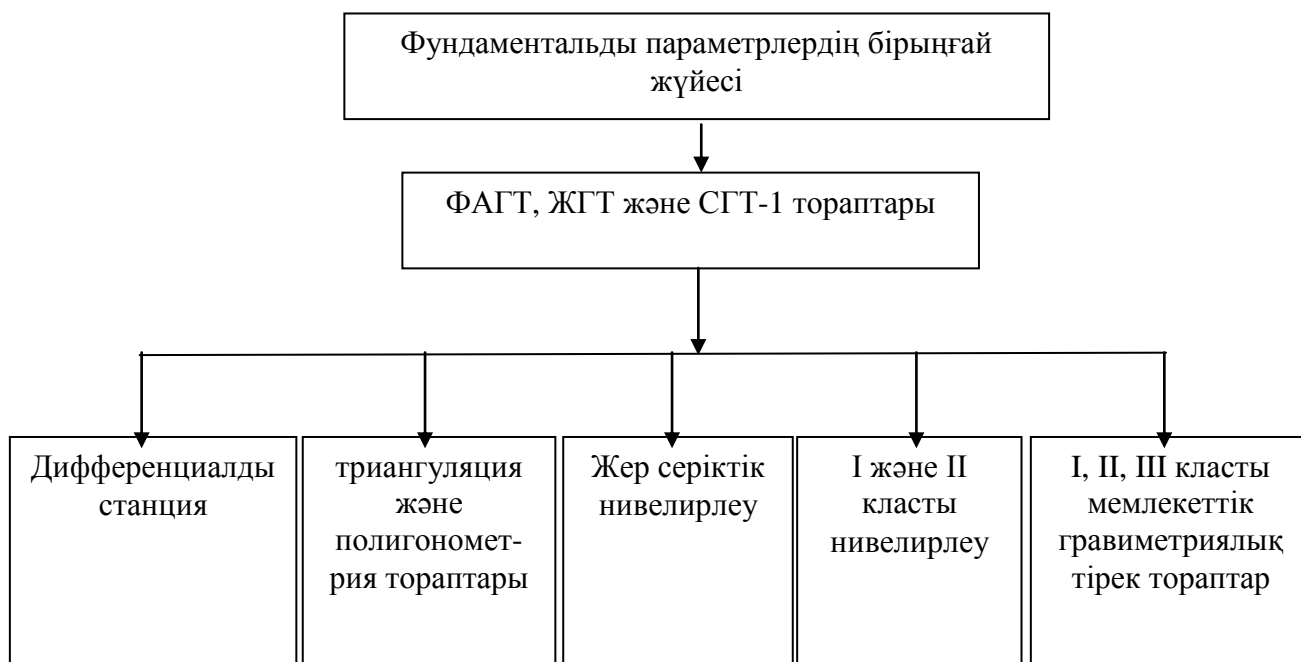
Дәстүрлі әдістермен құрылған мемлекеттік геодезиялық тораптар пункттерінің торабы барлық қазіргі кездегі жерсеріктік әдістерінің дәлдігін қанағаттандыра алмайды. Жоғары дәлдікті геодезиялық координат жүйесін құру және дамытудың жерсеріктік әдістер технологиясын енгізу үшін жоғары

класс дәлдігіндегі арнайы жерсеріктік геодезиялық тораптар - іргелі астрономиялық-геодезиялық тораптар (ІАГТ) және жоғарғы дәлдікті геодезиялық тораптар (ЖГТ) қажет.

Жерсеріктік геодезиялық тораптардың нәтижесін тораптарды құру технологиясына сәйкес геодезиялық қамтамасыздандыру жүйесінде максималды тиімді қолдану үшін әр ІАГТ және ЖГТ пункттері өзара GPS-дәлдік өлшеулерімен байланысқан бес пункт жиынтығын құрайды (6-сурет).

Бас пункт GPS-өлшеулерін жүргізуге арналған жұмыс орталығы, оның ыңғайлы жерлерде орналасады да және бақылау үшін жақсы жағдайда болуы қажет. Ол бас биіктік негізінің екі жақын нивелир пункттерімен, дәл GPS-өлшеулермен байланысқан. Одан басқа, жұмыс орталығы және нивелир пункттері мемлекеттік геодезиялық тораптардың екі көрші пункттерімен жерсеріктік өлшеулерлермен байланысады.

Дәстүрлі геодезиялық тораптармен байланыс жерсеріктік геодезиялық тораптың 1 класын дамыту үшін де қарастырылған.



6 сурет – Геодезиялық торап жүйесін құру принциптері

Дәлдігі жоғары класстағы жерсеріктік геодезиялық торап пункттерімен байланыс мемлекеттік геодезиялық тораптардың 1-4 классты ІАГТ, ЖГТ және СГТ-1 пункттеріне негізделі отырып теңестіру немесе трансформациялау жолымен нақтылауға, ал бастысы мемлекеттік геодезиялық тораптардың координаттар пунктін бір геоцентрлік координаттар жүйесінде анықтауға мүмкіндік береді. Осылайша, мемлекеттік геодезиялық тораптар пункттері жиынтығы бір уақытта екі координаттар жүйесін - мемлекеттік референцті және жалпы жер шарының геоцентрлік жүйелерін жүзеге асырады.

GPS өлшеулерді кеңінен қолданғанда геодезиялық қамтудың тиімді жүйесін дамыту мәселесін шешуге кешенді түрде қарағанда жалпы жершарының геоцентрлік координаттар жүйесін ғана емес, сонымен қатар жерсеріктік, гравиметриялық және нивелирлеу деректерін бірге қолдану негізінде нормаль биіктіктердің бірыңғай жүйесін орнату принципін қарастыру қажет.

Геодезиялық тірек тораптардың жоғарғы звеносы - ІАГТ, ЖГТ және СГТ-1 пункттерінің жиынтығын құру глобалды геодинамика процестерін зерттеу арқылы ғана жүзеге асырылады. Қазіргі кезде геодинамика мақсаты үшін (IGS) ЖЖС тұрақты бақылаулары пункттерінің халықаралық тораптары құрылған. 6 суретте берілген геодезиялық тораптардың жаңа жүйесінде координаттар мен биіктіктердің бірыңғай жүйесін құрастыру принципі көрсетілген.

2.4 Мемлекеттік, арнайы тораптарда пункт тығыздығы және тораптарды құрудағы дәлдік

Мемлекеттік геодезиялық торап дәлдігін шешу мәселесі мынадан шығады, үлкен класты тораптар мемлекеттің бас геодезиялық негізін құрайды және ең жоғарғы дәлдікте тұрғызылады, төменгі класты тораптарды түсіріс масштабына сәйкес бағыттайды.

ҚР мемлекеттік геодезиялық торабы бұрынғы КСРО тораптар бөлігі болып табылады және 1,2,3,4 класс тораптарына бөлінеді, 1:2000 масштабтағы түсірісті жүргізу дәлдігіне есептелген. Мемлекеттік геодезиялық торап пункттерінің қателігі 5-7 см құрайды.

Тірек пункттердің тығыздығы, яғни түсірістің белгілі бір ауданын қамтитын пункттер саны торапты құру кезінде басты негіз болады.

Мемлекет аумағын жалпы мемлекеттік картографиялау кезіндегі геодезиялық пункттердің тығыздығы топографиялық түсіріс масштабына, оның орындалу әдісі мен оған түсірістік негіздеме құру әдістеріне байланысты.

Тең қабырғалы емес тұйық үшбұрыштан құрылған, тораптың екі аралық пункттерінің арақашықтығы S болатын геодезиялық тораптың бір пунктімен қамтылатын P ауданды шамамен мына формуламен анықтауға болады.

$$P = \frac{\sqrt{3}}{2} S^2 \approx S^2, \quad (5)$$

мұнда S - аралас пункттер арасындағы арақашықтық.

Пункт тығыздығы талапқа сәйкес регламенттеледі. Мысалы, 1:25000 және 1:10000 масштабтағы түсірістерде 50-60 км-ге 1 пункт келеді. Мұндай тығыздық 1,2,3 класты тораптарда құрылады.

Жергілікті жердегі геодезиялық тораптарды мемлекеттік геодезиялық торап пункттерінің негізінде дамытады; Жергілікті жердегі тораптар жер бетінде 1:5000-1:500 масштабтағы түсірістерді және маркшейдерлік жұмыстардың басқа түрлерін орындау үшін жүргізіледі.

Жергілікті жердегі геодезиялық тораптарға мыналар кіреді: аналитикалық тораптың (триангуляция) 1 және 2 разрядындағы тораптар, полигонометрия торабының 1 және 2 разрядындағы тораптар. Жергілікті жердегі геодезиялық торап сипаттамасы 2 және 3 кестеде келтірілген.

2 кесте- Триангуляциялық тораптың 1 және 2 разрядты сипаттамасы.

Триангуляция разряды	Қабырға ұзындығы, км	Бұрышты өлшеудегі ОКҚ (үшбұрыш қателігі бойынша)	Үшбұрышта жіберілетін қателігі	Базис қабырғаларын өлшеудегі ОКҚ	Базисті өлшеудегі орта қателік
1	2-5	±5.0"	20"	1:100 000	-
2	0.5- 3	±10.0"	40"	1:50 000	-

3 кесте – 1 және 2 разрядты полигонометрия сипаттамасы

Разряд	Жүрістің шектеулі ұзындығы км		Қабырға ұзындығы		Бұрышты өлшеудің ОКҚ	Қабырға ұзындығын өлшегенде ОКҚ	Жүрісте жіберілетін қатыстық қателігі
	Қатаң пункттер арасында	Түйіндік нүктелер арасында	орташа	Ең кіші			
1	5/8	3/5	200м	120 м	± 5"	1:20000	1:10 000
2	4/6	2,5/4	150 м	80 м	±10"	1:10 000	1: 5000

1 және 2 классты полигонометрия немесе триангуляция тораптары жоқ аудандарда ірі масштабты түсірісті негіздеу 3 және 4 класты триангуляцияның жаппай торабын өз бетінше құру рұқсат етіледі, оның 1:200000 орта квадрат қателігімен өлшенген және 3 класс торабында әрбір 20-25-тен 60 км орналасқан, 4 класс торабында 35 км болатын 2 базис қабырғасы болу керек.

1-4 класты триангуляция және трилатерация полигонометрия пункттерінің жоқ болған жағдайында жер бетінің түсірістерін негіздеу және ашық өңдеулерде өз бетімен 1 және 2 разрядты тораптарды шарт бойынша құруға рұқсат етіледі, учаскі ауданы 1:5000 масштабта 500 шаршы км аспайды және 100 шаршы км түсіріс үшін 1:2000 масштабта жұмыс жүргізіледі.

Бақылау сұрақтары:

1. Геодезиялық тірек торабы деген не?
2. Геометриялық тұрғыда геодезиялық тораптар қалай аталады?
3. Қазақстан Республикасының мемлекеттік геодезиялық тораптары қандай принцип бойынша тұрғызылған?
4. Қазақстан Республикасының мемлекеттік геодезиялық тораптарының белгіленуін атаңыз.
5. Қазақстан Республикасының мемлекеттік геодезиялық тораптарының тұрғызу сұлбасын сипаттаңыз.

3 ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТІРЕК ТОРАПТАРДЫҢ ЖОСПАРЛЫҚ ӘДІСТЕРІН ҚҰРУ

3.1 Мемлекеттік геодезиялық тірек тораптардың құрудағы әдістер

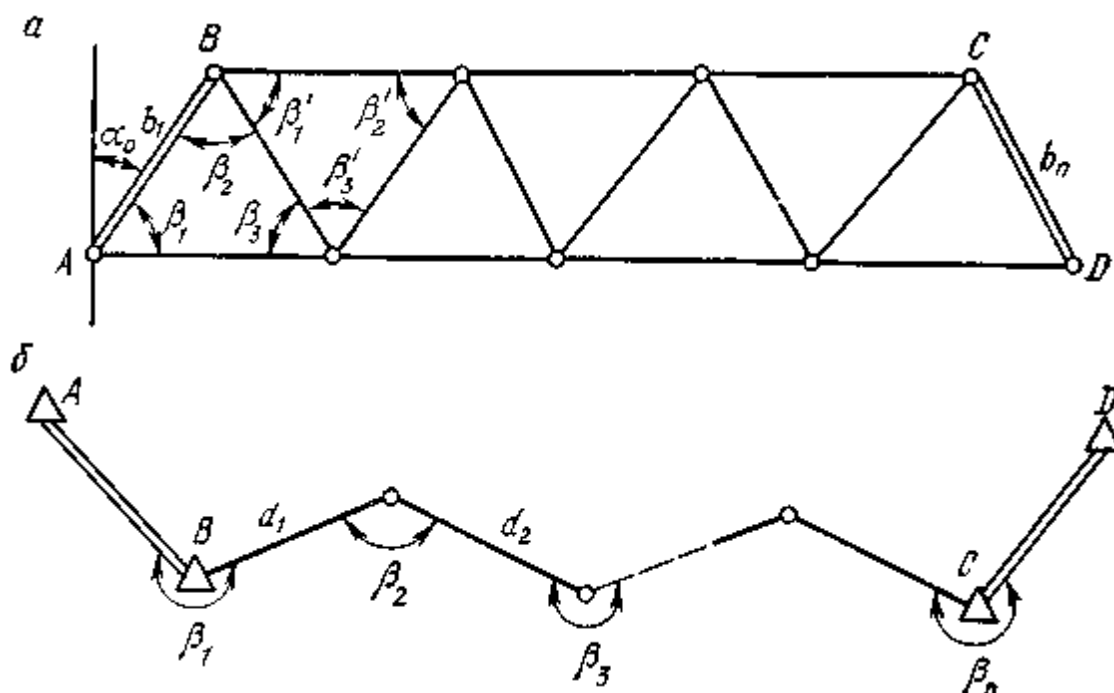
3.1.1 Астрономиялық әдіс

Астрономиялық әдіс пункттердің орналасуын анықтаудың ең көне әдісі. Бұл әдіс бойынша жергіліктің әрбір таңдалған нүктесінде аспан денелері бойынша астрономиялық координаттар –ендік, бойлық және азимуттар анықталады. Мұнда бекеттердің байланысының қажеті жоқ. Ол аз уақыт аралығында жер шарының берілген ауданында негізгі бекеттердің қалың торын құруға мүмкіндік береді. Бұл әдістің артықшылығы автономдылық және жылдамдығы.

3.1.2 Триангуляция әдісі

1614 жылы голландиялық ғалым Снеллиус триангуляция әдісін барлық елдерге кеңінен қолданады.

Бұл әдіс бойынша жергілікте үшбұрыштар жүйесі тұрғызылады, олардың төбелерінде барлық бұрыштар өлшенеді, сонымен қатар, үшбұрыштың бір қабырғасы (базистік қабырғасы) өлшенеді. Триангуляция торабының элементтері болып үшбұрыштар ғана емес, геодезиялық үшбұрыштар және орталық жүйелер (7-сурет) табылады.



6 сурет – Жобаланған жүйелерді құрастыру әдістері:
а) триангуляция әдісі , б) полигонометрия әдісі

Триангуляция әдісінің әртүрлі физикалық –географиялық жағдайларда қолданылу мүмкіндігі, өлшеген бұрыштар мен базистік қабырғалардың артық мөлшері, олар барлық өлшеулерді сенімді бақылауды қамтамсыз етеді, және азимуттар мен координаттарды беру дәлдігін арттырады. Триангуляциялық қатар немесе торап көмегімен геодезиялық негіздеу біршама ауданды қамтиды. Триангуляция әдісі мемлекеттік геодезиялық тораптарды құруда кеңінен тараған.

3.1.3 Полигонометрия әдісі

Жүріс сызықтарының өлшеністеріне қарай, полигонометрияда мыналар айырылады:

1) траверстер – нақты полигонометриялық жүрістер, жүріс жақтары және бұрыштары жоғарғы дәлдік құралдарымен өлшеніп алынады. Траверстің 1 классындағы жақтарының ұзындықтарының салыстырмалы қателігі 1: 200 000, бұрышты өлшеудегі ОКҚ – 0.7".

2) Параллактикалық полигонометрия кіші базисті ортаны өлшеу үшін, көбінесе инварлы сым (24 м) ұзындығына және кіші паралактикалық бұрыштарына тең, осылар арқылы анықталатын сызықтың ұштарының базисі көрінеді. Ұзындық жақтарын өлшеудегі салыстырмалы қателігі 1:30 000 - 1:50 000.

3) Жарықсәулелі қашықтық өлшеу полигонометриясы. Арақашықтықты анықтау мақсаты жақтық немесе радиотолқынды бастапқы өлшеуде пайдалану болып табылады.

Жоғары дәлдікті светодальномерлері арақашықтықтарды 1:400 000 - 1:500 000 қателіктер мен анықтауға мүмкіндік береді, ал радиодальномер - 1:100 000 - 1:300 000.

3.1.4 Трилатерация әдісі

Берілген әдіс геодезияның жүйелер орнында немесе үшбұрыш шынжыры түрінде құрылады, геодезиялық төртбұрыштар және орталық жүйелер немесе біріңғай шынжыр үшбұрыштар түрінде арасындағы бұрыштар өлшенбейді, жақтары өлшенеді. Жергілікті жерде жүйелерді бағдарлау үшбұрыш жақтарының, азимуттарының көмегімен орындалады.

Трилатерацияның триангуляция мен үйелесуі, сызықты-бұрышты жүйелердің түзілуі жүйе элементтерінің дәлдігінің жоғарлауынаалып келеді, бірақ көп еңбек шығындарын және қаражаттарды талап етеді, сондықтан тіректі пункттерді құрастырудағы біріктіру әдісі бөлек, өзгеше көлемде қолданылады, жоғарғы дәлдіктегі геодезияның дәлелденуін талап ететін.

3.1.5 Радиогеодезиялық әдіс

Радиогеодезиялық әдіс күрделі геометриялық фигураларды жергілікті құрастырудан тұрады, олардың жақтарын өлшеу және пункттер координатасын есептеу, төбеде орналасқан немесе соңғы координаттарын анықтау. 1000км ұзындықтағы жақтарда радиогеодезияның жүйе көмегімен өлшейді, радио жіберетін және қабылдайтын құрылғылардың жиынынан тұратын, радиотолқындарының таралу уақытын және ол бойынша – арақашықтықты немесе берілген нүктедегі арақашықтықтардың айырмасын анықтайды. Сондықтан үлкен арақашықтықты өлшеуде радиотехникалық құрылғының, бір бөлігін анықталатын нүктеге орналастырады, бір бөлігін– арнайы қаражатталған ұшақтарға немесе басқа қозғалатын құралдарға орналастырады. Геодезиялық жүйелерді құрудың жерсеріктік әдістер. Ғарыштық геодезия жердегі нүктелердің өзара орналасуын және ғарыштық аппараттардың жердің гравитациялық алаңындағы қозғалуын зерттейді. Координат нүктелерін ЖЖС бақылауында геометриялық және динамикалық әдістер қолданылады.

3.2 Жердің жасанды серіктерін геодезиялық тораптарды құруда пайдалану

3.2.1 Жердің жасанды серіктерін геодезиялық мақсатта қолданудың жалпы принциптері

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

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

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

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

2005 жылы ESA мен Ресей Еуропалық жүйені сынақтан өткізу үшін ГЛОНАСС-М жер серігіш пайдалану туралы келісімге қол қойды. Еуропалық GNSS жобасы екі сатылы (GNSS -1 және GNSS -2) сынақтадан өтуде. Жобаның негізгі бөлігі GNSS -2, «GALILEO» атты жаңа ғарыштық жүйемен жүзеге асты.

GPS/NAVSTAR - (Navigation Satellite Timing and Ranging), АҚШ-тың көпфункционалы ЖСНЖ-і. Дүниежүзілік келісім бойынша барлық ғаламдық

жерсеріктік позиционирлеу жүйесін GPS деп атаған. Бұл жүйеге АҚШ да, Ресейдің де РНЖ-ы кіреді. Америкалық NAVSTAR. 1991 ж. бастап әскери салада қолданылса, 2000 ж. бастап әлем пайдалануда.

Қазіргі уақыттағы ГЛОНАСС және GPS навигациялық жүйелер Жердің 18 серігінен тұрады және олар Жердің әр бөлігінде геоцентрлік координаттарды ең жоғарғы дәлдікпен анықтайды.

Фундаменталды астрономиялық геодезиялық жүйелерді (ФАГЖ) құрастыру принциптері.

ФАГЖ құрастыру – бұл жаңа геоцентриалық жүйелерді Жер серіктік технологиялар арқылы құрастыру.

Геодезиялық координаттар жүйесі – референц-эллипсоид центрінің орналасуымен және оның осьтерін бақылаумен анықталуы және физикалық жақтан геодезиялық пункттердің орналасуы мен жер бетіне бекітілген. Мемлекеттік геодезиялық жүйе құрамды жалпыдан жекеге өту принципі бойынша қалыптасуы керек.

Жалпы айтқанда, геодезиялық тораптар барлық топографиялық іздеулердің негізі болып табылады, жобалық-іздеулер, инженерлік, құрылыс барлау және кадастрлық жұмыстар, жерлердің инвентаризациясын қоса алғанда жобалық геодезиялық торап бірыңғай координат кеңістігін құрайды.

Тәжірибелер уақыт өте тірек геодезиялық тораптарды құру дәлдігіне қойылатын талаптар үздіксіз артатандығын көрсетеді.

Тірек геодезиялық тораптарын құрғанда және нақтылауда үлкен ғылыми-техникалық мәселелер және есептеулерді өңдеу қажет: ғылыми негіздеу және геодезиялық тораптарды ең жоғарғы дәлдікпен жаңа геодезия ғылымының және техникалық жетістіктерін қолданып құру қажет.

20 ғасырдың екінші жартысына дейін геодезиялық есептерді шешуде негізгі ақпараттар ретінде Жер бетінде орындалған бақылаулар нәтижесі және онда орналасқан визирлік мақсаттар қызмет етті. Осының салдарынан территорияның үзілмейтін тораптарын бір-бірімен байланыстыру мүмкін емес болды, олар үлкен су кеңістігімен бөлінген және барлық Жерге бірдей координаттар жүйесін құру мүмкін болмайды.

1957 ж 4 қазанда КСРО бірінші Жердің жасанды серігі ұшырылғаннан кейін үлкен іргелі кеңістік триангуляциясын құру мүмкіндігі туды.

Геодезиялық мақсатта ЖЖС бақылауларының экспериментальды торап пункттері Смитсоновский обсерваториясында 1959ж. бірінші рет құрылды. Ол 12 пункттен тұрады ЖЖС-і жұлдызды аспанда фотоаппараттарымен жабдықталды.

Ғарыштық объектілерді бақылауды геодезиялық мақсатта қолдану векторлық қатысқа негізделген:

$$\bar{r}_k = \bar{R}_i + \bar{\rho}_{ik}. \quad (6)$$

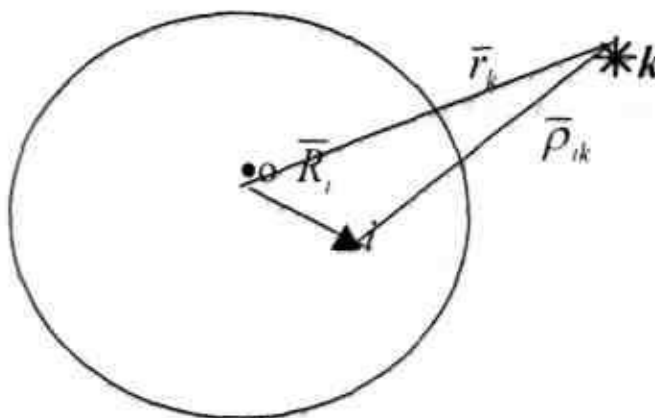
Егер i нүктесі ЖЖС бақылау пунктіне сәйкес келсе, k нүктесі- Жердің жасанды серігі жағдайына, онда \bar{R}_i радиус векторы бақылау пунктінің жағдайын, \bar{r}_k радиус векторы- Жердің жасанды серігі жағдайын, $\bar{\rho}_{ik}$ – бақылау пунктіне қатысты Жердің жасанды серігі жағдайын анықтайды.

Осыған байланысты үш вектордың биіктігін анықтайтындар белгілі, $\bar{\rho}_{ik}$ векторын өлшеу осы екі есептің біреуін шешуге мүмкіндік береді (8-сурет).

Тура есеп \bar{r}_k егер бақылау пункт жағдайы яғни \bar{R}_i векторы белгілі болса, векторын, яғни Жердің жасанды серігі жағдайын, кері есебі \bar{R}_i векторының, яғни бақылау пункт жағдайы \bar{r}_k векторы анықталса - Жердің жасанды серігі жағдайы белгілі.

Ғарыштық геодезияда көптеген тура және кері есептерді бірге шешу өте қажет. Осы есептерді қосудың екі әдісі бар, олардан екі негізгі ғарыштық геодезиялық бағыттар қалыптасады. Бұл – динамикалық және геометриялық әдістер.

Ғарыштық геодезияда динамикалық есептер ретінде, шешу барысында ЖЖС қозғалыс теориясы қолданылатын есептер алынады әдісте Жердің жасанды серігі координаттар тасығыш болып қалады.



8 сурет – Ғарыштық геодезиядағы векторлық қатынас.

Жердің жасанды серігінің жағдайын аналитикалық теория бойынша бақылап және алдын ала есептеулерді салыстыру кеңістіктегі гравитациялық өріс және Жер пішінінің ең бастысы пункт координаттарының сипаттамасын анықтауға мүмкіндік береді.

Динамикалық спутниктік геодезия станциялық бақылау координаттарын анықтауға мүмкіндік береді, абсолютік шаманы центрге қатысты Жер

массасын X, Y, Z жүйесінде, сондай-ақ жердің гравитациялық өрісін анықтауға мүмкіндік береді, сонымен қатар ол спутниктер орбитасының нақты элементтерін алуға мүмкіндік береді.

Ғарыштық геодезияның геометриялық әдістері жоғарғы жылжымалы нысаналар ретінде пайдаланылатын Жер серіктерін бақылауға негізделген.

Жердің жасанды серігінің жағдайын бірнеше пункттерден синхронды бақылау арқылы спутниктік геодезиялық тораптарды тұрғызу әдісі жердің жасанды серігі жағдайлар аралық белгісіздер болған кезде геометриялық әдіс деп аталады.

Жер серіктік геодезиялық тораптардың пункттер арасындағы байланыс геометриялық әдіспен тура және кері тапсырмалар түрі,

$$\begin{aligned}\bar{R}_{i1} + \bar{\rho}_{i1k} &= \bar{r}_k; \\ \bar{r}_k - \bar{\rho}_{i2k} &= \bar{R}_{i2}.\end{aligned}\tag{7}$$

Нақты динамикалық координат алу әдісінен геометриялық әдістің дәлдігі жоғарғы.

Динамикалық әдісті қолдану үшін нақты бақылау кезеңі білу керек жағдай үшін синхронды және синхронсыз бақылауды қолдануға, болады, ол берілген өлшеу санын үлкейтеді.

Жер серіктік геодезиялық торапты екі сатылы құрылғы деп қарастырайық. Бірінші сатысы пункттен тұрғызылған, тораптың барлық кезеңіне қатысады. Бірінші сатысы ЖЖС жеке жағдайына қатысты ол жеке бөліктерден тұрады.

Пункт арасы үшін динамикалық әдісте шектеу қойылмайды. Берілген әдіспен пункт торабы тұрғызылса, бір жағынан локалды түрде, жеке-жеке, екінші жағынан жеке пункттер бір-біріне жақын орналасады, бірақ жер серіктік триангуляция пункттері тораптың фигурасы үшін геометриялық шектеулердің себебінен жақын жалғаса алмайды.

3.2.2 Доплер әсері

Жер серікті навигациялық жүйе жұмыстары Доплер тиімділігіне негізделген, сигнал жиілігі бақылаушыға қатысты Жер серігі қозғалысында өзгереді. Бұл өзгеріс сигнал беруші (передатчик) жиілігіне және қабылдағышқа қатысты сигнал берушінің қозғалыс жылдамдығына тура пропорционал. Қатысты жылдамдықты әдетте сәулелік немесе радиалды деп атайды, өйткені бұл – сәуле қозғалатын объектінің радиус-векторы.

Әлдебір уақыт аралығы үшін сәуле үдеуінің үзіліссіз таспа графигін қолданып, біз объектіге дейінгі қашықтықты да, объектінің орбитасының кейбір нүктесіндегі үдеуін де ала аламыз.

Доплер жүйесінің үш нұсқасы бар. Бұл, ең алдымен, ғарыштық геодезияда қолданылатын ұсыныссыз жүйелер болып табылады. Ғарыштық аппарат бортында жоғарғы тұрақты генератор жиілігінен алынатын радиосигнал бергіші болады. Жер беті станциясы - тірек генератор сигналы. Жиілікті қолданудағы салыстыру және тірек сигналдар өлшенетін жиілікті бөлуге мүмкіндік береді, олар подставка жиілігі мен доплер жиілігінің айырмашылығына тең (тұғырық жиілігі жербеті және Жер серігі генератор жиілігінің айырмашылығы деп аталады).

Ұсыныссыз жүйелерге қарағанда, ұсынысы бар жүйелерде бір ғана Жер бетіндегі генератор жиілігі қолданылады, ал ғарыш объектісінде станцияда қабылданған сигналдарды қайта Жерге жіберетін қабылдағыш жауап бергіші орнатылады, Жер беті станциялары ұсыныс жиілігін мен жауап сигналын салыстырады және жиілік ауытқуын өлшейді.

ЖЖС сигналдарында қолданылатын жиілікті өлшейтін аппаратурамен доплерлік станциялары жабдықталады, олар ұзақ мерзімді бағдарламаларда қолданылады.

Мұндай станцияларда жоғары дәлдікті уақыт стандарты болу керек, олардың жұмысын дәл синхрондау керек. Осымен қоса көптеген өлшеулерді өңдеу мәселесі туындайды, өйткені Жер серігінің горизонттан бір рет өтуі доплерлік жиілікке бірнеше өлшеулер береді.

Интегралдау доплер әдісінің идеясы екі соңғы есеп алудың айырмашылығы доплер сигналының цикл саны үшін екі кезекті есептеулердің айырмашылығы топоцентрлік арақашықтықтардың екі бір-бірінен кейін реттік орналасуы ЖЖС-тің орбитада және тұғырықжиілігіндегі айырмашылығына негізделеді.

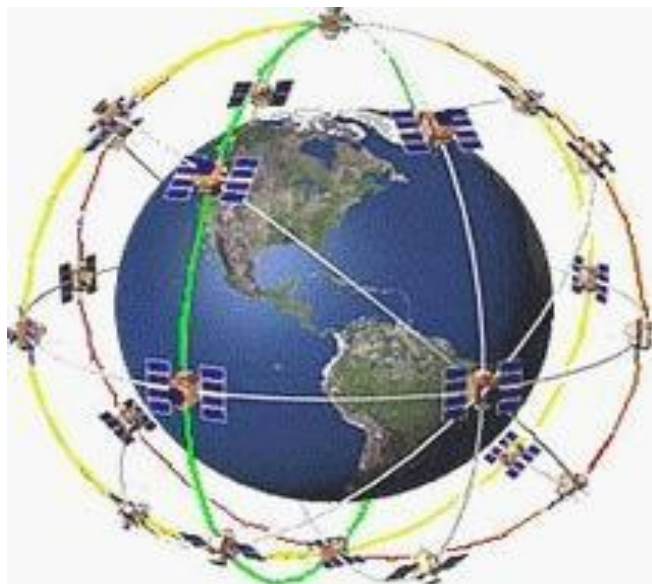
3.3 Геодезиялық тораптарды құруда GPS-технологиясын қолдану

3.3.1 Геодезиялық тораптарды құруда GPS-технологиясымен жұмыс істеу тәртібі

Қазіргі уақытта ГЛОНАСС (Ресей), GPS (АҚШ - 24 спутник) және Галлилео (Европа) дәл навигациялық жүйелері құрылған. Оның әрқайсысы Жердің 8 спутнигінен тұрады және кез келген уақытта геоцентрлік координаттарды өте жоғары дәлдікте анықтауға мүмкіндік береді.

Осының ішіндегі көп функциялы міндетін ғарыш блогі атқарады (9-сурет). Ғарыштық блокта 24 ЖЖС бар, олар орбитада қатаң тәртіппен орналастырылған, өйткені кез келген уақытта жердің кез келген нүктесінде тұрып 4 ЖЖС-тен ғана тікелей көрініс болу керек. ЖЖС 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 сағат құрайды. 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 $22,5^{\circ}$ бойлық бойынша жылжып, қиып өтеді. ЖНЖС-нің мұндай қозғалу құрылымы әрбір жер серігін тәулігіне 1 рет жүйенің бақылау-өлшеу пунктiнен, оның жұмысын қадағалауға мүмкіндік береді.



9-сурет. Жердің навигациялық жасанды серіктерінің ғарыштық блоғә

Белгілі бір жерді анықтаудың қажетті дәлдігіне сигналдарды бір мезгілде кем дегенде 4 ЖНЖС-ден қабылдау кезінде жетеді. Сондықтан, шоқжұлдыздағы жерсерігінің саны кем дегенде 24 болуы қажет. Сонымен қатар, белгілі бір жерді анықтау дәлдігіне ЖНЖС-нің орналасу геометриясы да әсер етеді. Олар барлық аспан сферасы бойынша біртекті орналасуы тиіс. Ол үшін жер серіктерінің жазықтықтары бір-біріне қатысты бірнеше орбиталарда біртекті орналасады.

GPS технологиясын қолданудың топографиялық-геодезиялық жұмыстық жоғары дәлдікпен ғылыми зерттеуі және геодезиялық торапты құру түсірісті құруға дейінгі тану және электрондық тахеометрді қолданып жергілікті топографиялық түсірісті түсіру мүмкіндігі бар.

Геодезиялық өлшеулерді GPS көмегі арқылы нақты дәлдікпен, тең қозғалу кезінде, ыңғайлы және экономикалық жағынан тиімді. Жұмыста қолданылатын әдіс классикалық геодезиялық барлауда тіпті басқаша болады. GPS пунктi жергілікті орнату Жер серіктік глобалдық жүйесінен анықталады, сондай-ақ осы жүйелер NAVSTAR кеңістігі координаттарын жоғары

дәлдікпен анықтайды және қозғалыстағы объектісі векторды анықтайды. Кез келген жағдайда кез келген нүктені Жер шарынан алады.

GPS құрылымдық сұлбасының жүйесі ЖЖС жердегі өлшеу құралынан тұрады, орбита параметрлерін анықтайды. Жүйеде жасанды жер серігін қолданады, (ЖЖС) биіктік айналуы - орбитада периодта қарасты 12 сағат. ЖЖС толық ғарыштық айналуы – 24 сағат, орналасқан үш орбитада ауытқу - 63° , бір-біріне араласу қатынасы - 120° .

Математикалық қамтамасыз ету – кешендік бағдарламасы толық автоматтандырылған, жоғары деңгейдегі графикалық аппаратурамен қамтамасыздандырылған. Түсірістік есептерді шешу үшін электрондық тахеометрді берілген бағыт бойынша қосады.

Алаңдық жүргізілетін жұмыстардың реті:

- 1) көріну шарты;
- 2) жұмысты орындау мерзімі;
- 3) құратын тордың ұзындығы (кіші болмау керек 100 м);
- 4) берілген пункттен екінші пунктіннің қашықтығын табу керек.

Барлық шарттарды оқу, бастапқы пункттің жағдайын жеке анықтау.

Мемлекеттік геодезиялық тораптар пунктіннің бастапқы пункті таңдалып, анықтайтын пункттен тұратын локалды тор нақтылықты талап етеді және байланыс шарының радиобақылауы, режимді бақылауды таңдау қажет болады, мысалы:

- статика – нақты бақылауға жақын әдіс. Сызықтық ұзындығы 10 км қабылданады, бұдан үлкейеді және бақылауды жалғастырады, 30-40 минуттан көп уақыт қажет, жиі қолданатын жоғары дәлдікті жұмыс, мысалы МГТ пунктін орнатуда;

- тез статика – кеңейтілген режим, жіберуші сызықтық ұзындығын анықтайды (10 км дейін), 1,5-2 см дәлдікпен және уақытына бақылау пункті 5 тен 20 минутқа дейін.

- стоп-гоу – қысқа сызықты және жақсы көрінетін пунктіннің координатасын 10-15 см дәлдікпен анықтайды, бақылау уақыты 8-10 секунд.

Навигациялық жұмыс режимі үшін дәлдік 1 м бір станцияға жеткілікті, бірақ нақты тапсырма үшін кем дегенде екі станция қажет, бұдан жергілікті жердің нақты нүктесінің координатасын 1 км үшін 5 мм ден +1мм дәлдікпен анықтайды.

Базалық сызық – екі қабылдағыш арасындағы сызықты өлшеу және есептеу үшін қажет.

Алаңның ауданға байланысты, анықтайтын нүктені орнатуда бір немесе бірнеше уақытша референц-станциялар орналыстырады. Референц-станцияда қысқа базалық сызықты өлшеу, бір орталық нүктеден ұзындығын өлшеуге қарағанда ыңғайлы:

Референц-станцияға қойылатын талаптар:

- шағылысатын жазықтықтардың болмауы;
- транспорттан және өтушілердің алыстау болуы;
- радио, теледидар және т.б. бергіштердің болмауы.

Қабылдағыш сенімді функциялануы керек.

Трансформирлеу параметрлерін өлшеу үшін пунктерде жергілікті координаттар мен роверлерді орнату қажет.

GDOP – биіктікте спутниктердің орналасу геометриясы.

GDOP-тың жоғарғы мәні қиылудың нашарлығын баяндайды.

Егер қиылу нашар болса, онда өңдеуден кейін алынған нәтиже сенімсіз болады.

Жоғарғы дәрежеде өлшеу үшін «қолайлы» терезеде бақылау орындалады. Бағдарлама модулі бақылаудың қолайлы периодын таңдауға көмектеседі, егер 1° жуық дәлдікпен өзі тұрған жердің бойлығы мен ендігі өлшенеді. Түнгі бақылауға арналған базалық сызық ұзындық диапазоны күндізгімен салыстырғанда екі есе жуықталады. Минуттық GPS-пен бақылауда жоғары дәлдікті жоспарлауға болмайды.

Сәйкес терезеде 4 немесе одан да көп Жер серіктері болады. Олардың биіктік бұрышы ровер және референц-станция үшін - 15.

Бақылау уақыты базалық сызық ұзындығына, Жер серіктері санына, Жер серіктік геометрияға, ионосфера жағдайына тәуелді. Ионосфера бұзылуының дәрежесі жер жазықтығының орналасуы және тәулік уақытымен өзгереді. Ионосфера бұзылуы түнде төмен болса, онда түнгі бақылау уақытын тез статикамен екі есе қысқартуға болады немесе сол уақыт өлшемін екі есе ұзағырақ базалық сызықпен анықтау керек. Қазіргі уақытта 11 жылдық күндік белсенділіктің жаздық циклы шегінде ионосфера белсенділігінің көтерілуі байқалады.

Ионосфера белсенділігі, сонымен қатар жер жазықтығының орналасуына да тәуелді. Көбіне оның әсері орташа ендіктен аз.

3.3.2 Жергілікті координат жүйесін трансформациялау

Нүктенің дәл салыстырмалы координаттарын постөңдеу кезінде біріккен желі нәтижесінде байланыстыра аламыз, онда координаттар WGS-84 эллипсоиды үшін анықталады. Көп жағдайда WGS-84 координаттарын жергілікті зоналық координаттарды референц-эллипсоидымен жергілікті проекция жазықтығындағы координаттармен өлшеу GPS нәтижесінде трансформация қажет болады. Трансформациялау параметрлерін және анықталатын нүкте (GPS жүйе) санын есептеу үшін, белгілі жергілікті координаттар пунктері қосылуы керек WGS-84-тің және жергілікті координатты осы ортақ пункттер трансформация параметрлерін анықтау және алғашқы мәліметтер қатесін табу үшін қолданылады.

Ортақ пункттер жұмыстың барлық ауданында біркелкі үлестірілген болу керек. Трансформациялауда барлық параметрлерін дұрыс есептеу үшін ең аз дегенде үш пункт колданылуы керек.

Бақылауды жоспарлау.

- бақылау сеанстарын дұрыстап жоспарлау;
- нүкте санын, қажетті дәлдікті, жалпы өлшеу сұлбасын ойластыру;
- бар геодезиялық торапты бекітуді жоспарлану;
- есептеудің және бақылаудың ең жақсы әдісін анықтау;
- жергілікті координат жүйесіндегі трансформацияға көңіл бөлу;
- базалық түзулердің ұзындығын мүмкіндігінше қысқартуға тырысу.

Тексерушілік өлшеу

Практикадағы геодезиялық жұмыстың барлық типінде тәуелсіз өлшеу бойынша бірнеше реттік бақылау жүзеге асырылуы тиіс . Осыған GPS өлшеулері кезінде көңіл бөлу керек.

Нүктені бақылаудың қысқа кезеңінде тез статистикамен өлшеуге дұрыстап қарау керек. Толық тәуелсіз бақылау үшін:

- тәуліктің әр уақытында нүктеде екі рет өлшеуді жүргізу. Бұл антеннаны қабылдағышқа орнатуға, жоғарыда және атмосфералық жағдайда спутник орнатуға кепілдік береді;
- ақырғы нүктеден бастапқы нүктеге дейін жолды базалық сызықпен бекіту;
- желі пункттері арасындағы тәуелсіз базалық сызықты өлшеу қажет етіледі.

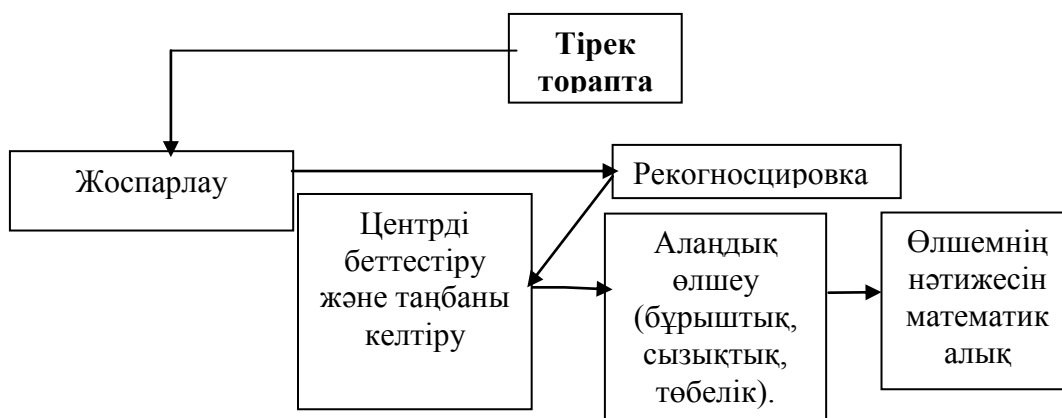
Жер серіктік жүйе геоцентрлік координат жүйесінде жұмыс істейді, горизонтальдық бұрыш өлшемін кері геодезиялық есеп шешімінен алаңдық өлшеу ақпараттын толық өңдеуден кейін ғана аламыз. Жер серіктік аппаратурамен торды құрғаннан кейін оның пункттерін тау-кен-техникалық есептерді шешу үшін жүргізіледі, сонымен осы пункттерде әрі қарай жұмыс дәстүрлі әдіспен жүргізіледі.

Өндірісте жер серіктік координаттық анықтаманы қандай дәлдікте қателік кеткенін білу керек. Жер серіктік аппаратуралар үшін бұл өте маңызды сұрақ емес. Нәтижелерді бағалау тек критерийлер қатары бойынша емес-бақылау уақытына, GDOP мәні, радиосигнал қабылдау санына, бірмәнділікті рұқсаттау немесе рұқсаттамау бойынша жүргізіледі, өлшеу сапасы бағасына, сонымен қатар бастапқы МГТ пункттер координатын қайта анықтау қателігі қызмет етеді. Ол WGS-84 жүйесінен жергілікті жүйеге ауысқан кезде трансформациялауға қатысты.

3.4 Негізгі геодезиялық желілерді құрудың кезендері

3.4.1 Жоспарлық желісін құру кезіндегі жұмыстың негізгі процесі және оны ұйымдастыру

Негізгі геодезиялық желілерді құруға келесі этаптар кіреді: жоспарлау, рекосносцировка, ортаны беттестіру, сырт таңбаны құру, жоғары дәлдікті бұрыштық, сызықтық бұрыштар, тораптағы биіктік өлшемі, тораптағы орындалған өлшеудердің математикалық өңдеуі. МГТ құрудың негізгі этапының құрылымдық сұлбасы 10-суретте көрсетілген.



10 сурет- Мемлекеттік геодезиялық тораптарды құрудың негізгі этапының құрылымдық сұлбасы

Өндірісте берілген учаскеде алаңдық жұмыс геодезиялық тордың техникалық жобасын құру болады. Жобаланатын жұмысты ұйымдастыру және техникалық принципі, оның мазмұны, көлемі, әдісі, орналасуы және уақыты техникалық жоба құжатында көрсетіледі.

Жобалаудың негізгі міндетіне берілген учаскеге геодезиялық торап құруда қолайлы техникалық жағдайды іздеу жатады.

Геодезиялық торап сапасы және бағасы техникалық жобаның сапасына тура тәуелді.

3.4.2 Геодезиялық тірек торабын жобалау

Геодезиялық тораптың сапасы мен бағасы оның техникалық жобасының сапасына тікелей тәуелді. Осылайша жобалау жауапкершілікті күшейтеді, оны шешу кезінде торапты құруға байланысты барлық ұйымдастыру, техникалық және экономикалық мәселелері дұрыс шешу қажет.

Геодезиялық тораптардың нақты баға беретін үлкен теориялық және практикалық белгілері бар. Есеп беруде нақты анықтау глобалдық тораптың

элементтерінің әртүрлі кезеңдерінде жүргізіледі – жобалау кезінде, сондай-ақ жұмысты аяқтауда – теңестіру процесі кезінде орындалады.

Теңдеу шешудегі кезеңдері нақты баға беруде орындалады, жергілікті жерде геодезиялық тораптың нақты деректерін береді.

Нақты баға беру торапты жобалауға керек жұмыстардың экономикалық тиімді және техникалық қатесіз болуы қамтамасыз етіледі, мұның нақтылығы өлшеу әдісімен, тұрғызылған тораптың сұлбасы, аспаптар және координаттар таңдау, еңбектің көлемді шығыны, уақыт және құралы арқылы іске асырылады. Торап дәл нақты болса, онда оның тұрғызуына көп уақыт кетеді, және де ол қымбатқа түседі.

Полигонометриялық және триангуляциялық тораптардың проекциясын бағалау үшін белгілі жақ бетінің дирекциондық бұрыш қателік формуласы, соңғы нүктенің қателік жүрісімен анықталады. Күрделі геодезиялық құрылуларды есептеуде компьютерлік технология қолданылады.

Тораптың жобасын бағалауда оның кез-келген элементтерінің ОКҚ есептеледі. ОКҚ бірлік салмағы μ жобалаудың алдында беріледі. Бағалау элементінің кері салмағы жақындатылған формуламен есептеледі.

Геодезиялық тораптардың нақтылығын геодезистер алдын ала есептеп білу керек.

Алдын ала бағалау жобалау торабының барлық жағдайында қазіргі кездегі геодезиялық шығынды өңдеу өлшеудегі шығынды нақты тораптағы көптеген мүмкіндіктерді қолданады.

Кез-келген элемент теңдеуінің ОКҚ тең:

$$m = m_{\text{исх.}}^2 + m_F^2, \quad (8)$$

мұнда $m_{\text{баст.}}$ – бастапқы берілу әсерінің ОКҚ;

m_F – бағаланатын функцияның теңдеу шамасының ОКҚ.

$$m_F = \mu \sqrt{\frac{1}{P_F}}, \quad (9)$$

мұнда μ - бірлік салмақтық ОКҚ теңдеу шешудегі немесе тапсырылған аспап, геодезиялық тұрғының аналогы. Тораптағы барлық жоспарланған өлшеулер, горизонталды бағыттар - N , азимуттар - α , S - арақашықтықтар мына формуламен есептеледі:

$$PN = c/m^2N; \quad P\alpha = c/m^2\alpha; \quad PS = c/m^2S;$$

Геодезиялық тораптағы горизонталды бағыттау пункті кез-келген класта тең дәлдікте өлшенеді. $P = I$, мұнда $c = m^2 N$;

Онда формула мына түрде болады

$$P_N = 1; \quad P_\alpha = m_N^2 / m_\alpha^2; \quad P_s = m_N^2 / m_s^2; \quad m_N = m / \sqrt{2}. \quad (10)$$

мұнда m – өлшенген бұрыштың ОКҚ

Әртүрлі әдісті қолдану, геодезиялық торап элементтерін дәлдікте бағалаумен да әртүрлі априорлы формула және нақты формулада жазылады.

μ проектилеуде алдын ала беріледі.

Ол тораптағы әрбір класс үшін регламенттелінген және геодезиялық өлшеудегі практикалық жағынан жақсы белгілі.

Триангуляцияны тұрғызудағы салыстырмалы қателікті әлсіз жақта формула бойынша анықтайды:

$$\left(\frac{m_s}{s}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + k \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_1^n (\text{ctg}^2 A_i + \text{ctg}^2 B_i + \text{ctg} A_i \text{ctg} B_i) \quad (11)$$

немесе логарифмдік түрде табады

$$m_{lg s}^2 = m_{lg b}^2 + k \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum R_i, \quad (12)$$

$$R_i = \sum (\delta_{A_i}^2 + \delta_{B_i}^2 + \delta_{A_i} \delta_{B_i}), \quad (13)$$

мұнда $m_{lg s}$ және $m_{lg b}$ - әлсіз логарифмнің ОКҚ және базистік жақтың бірлік алтыншы таңбаның логарифмі; m_β - өлшенген бұрыштың ОКҚ; $k = 2/3$ үшбұрыш құру және торап үшін $k = 1/2$ геодезиялық төртбұрыш құруда немесе орталық жүйе, δ - бұрышты байланыстарытын синус логарифмінің өзгеруі бір секунтағы бұрыш өлшеуі; логарифмінің алтыншы таңбасы бірлік түрінде.

Ауыстыру салыстырмалы қателік формуласы бойынша есептеледі

$$\frac{m_s}{s} = \frac{m_{lg s}}{0,43 \cdot 10^6}. \quad (14)$$

азимутты байланыстыратын жаққа тең ОКҚ

$$m_{\alpha} = \sqrt{\frac{m_A^2}{2} + \frac{m_{\beta}^2}{25} \left[(5k+12) - \frac{(5k+6)^2}{5N+22} \right]}, \quad (15)$$

мұнда m_A - Лаплас азимутын өлшеудегі ОКҚ; N - звенодағы үшбұрыштың саны.

m_L көлденең қозғалысы және m_q тік қозғалысы:

$$m_L^2 = \frac{L^2}{2} \left(\frac{m_b^2}{b^2} + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \cdot \frac{2n^2 - 3n + 10}{9n} \right); \quad (16)$$

$$m_q^2 = \frac{L^2}{2\rho^2} \left(m_{\alpha}^2 + \frac{n^2 + 2n + 12}{15} m_{\beta}^2 \right),$$

мұнда L - диагоналды қатардың ұзындығы; $\frac{m_b}{b}$ - бастапқы жақтың салыстырмалы қателігі; n - тордағы жақ саны L ұзындығы.

ОКҚ бастапқы пункттің есептеу M соңғы пункт қатарын үшбұрыштарының анықтау:

$$M = \sqrt{m_L^2 + m_q^2}. \quad (17)$$

1 класс полигонометриялық звеносын шешуде В.В.Данилов қолданып, көлденең және тік қозғалыстарды табамыз

$$m_L = \sqrt{nm_s^2 + n^2 m_{\sigma}^2};$$

$$m_q = \frac{L}{\rho} \sqrt{\frac{m_A^2}{2} + \frac{n+3}{12} m_{\beta}^2}, \quad (18)$$

мұнда n - полигонометрия звеносының жақ саны; m_s және m_{σ} кездейсоқ және систематикалық арақашықтық өлшеулердің жүйелік қатесі; m_A және m_{β} - келісілген горизонталь бұрыш және азимут өлшеудегі ОКҚ.

Разрядтық триангуляциялық тораптардың ОКҚ үзбенің әлсіз орны екі бастапқы қабырғаға формуласымен анықталады

$$m_s^2 = \frac{\mu^2}{P_s} = \frac{m_{S_1}^2 \cdot m_{S_2}^2}{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2}, \quad (19)$$

мұнда

$$m_{S_i} = \frac{m_{1gS_i}}{M \cdot 10^6} S_i; \quad (20)$$

S_i - бағаланған жақ ұзындығы i есептеу базиске дейінгі нөмері,
 M - оныншы логарифм модулі.

$$\begin{aligned} m_{lgS_1}^2 &= 2/3m_\beta^2 \sum_1^n R + m_{lgb_1}; \\ m_{lgS_2}^2 &= 2/3m_\beta^2 \sum_1^n R + m_{lgb_2}; \end{aligned} \quad (21)$$

мұнда $R = \delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A^2 \delta_B^2$; δ_A, δ_B - логарифм тік байланыстыру бұрышы А және В өлшеудегі 1"; m

m_β - бұрыш өлшеудегі ОКҚ.

$$m_S = \frac{S \cdot m_{lgS_1} \cdot m_{lgS_2}}{M \cdot 10^6 \sqrt{m_{lgS_1}^2 + m_{lgS_2}^2}} \quad (22)$$

Бақылау сұрақтары:

1. Триангуляция әдісінің негізі неде?
2. Полигонометрия әдісінің негізін баяндаңыз.
3. GPS өлшемдерін жоспарлау деген не?
4. Координатты трансформированиялау дегенміз не?
5. МГТ негізгі этаптарын атаңыз.
6. Геодезиялық тораптарда априорлы бағалау не үшін қолданылады?
7. Жобалау кезінде μ ОКҚ қалай беріледі?
8. Жобалау тораптары қандай сұрақтарға жауап береді?

4 ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ БҰРЫШТЫҚ ӨЛШЕУЛЕР

4.1 Жоғары дәлдікті бұрыш өлшегіш аспаптар

Негізгі геодезиялық тораптарды жасау кезіндегі геодезиялық өлшеудің жаппай түрі бұрыштық өлшеулер болып табылады. Бұл өлшеулердің дәлдігі геодезиялық торапты тұрғызу дәлдігіне байланысты.

Триангуляция және полигонометрия әдістерімен мемлекеттік геодезиялық торапты құру кезінде барлық пункттерде горизонталь бұрыштар мен зениттік қашықтықтар өлшенеді, Лаплас пункттерінде ендік, бойлық және азимуттардың астрономдық өлшеулері жүргізіледі, ол үшін жұлдыздық және жерлік денелердің зениттік қашықтықтары өлшенеді, азимуттары анықталады. Трилатерация тораптарында бұрыштық өлшеулер ориентирлі бағыттарды бекіту үшін қолданады.

Атқаратын міндетіне байланысты геодезиялық бұрыш өлшегіш аспаптар теодолиттер және астрономиялық теодолиттер деп бөлінеді.

Теодолиттерді бірқатар белгілері бойынша жіктеуге болады.

Қолдану аумағы бойынша теодолиттердің келесі топтарын көрсетеді: геодезиялық (геодезиялық практикада бұрыштарды өлшеу үшін қолданылады); астрономиялық (астрономиялық ендік, бойлық, азимуттарды анықтау үшін); маркшейдерлік (жерасты қазбаларда өлшеу үшін); гироскоптық (азимутты гироскоптық әдіспен анықтау үшін).

Өлшеу дәлдігі бойынша теодолиттер жоғары дәлдікті – қателігі 1,5'' аз; дәл 1,5'' – 10''; техникалық - қателігі 10''-тан жоғары болып жіктеледі.

Ақпарат тасығыштары бойынша теодолиттер оптикалық және электронды болып бөлінеді. Оптикалық теодолиттердің лимбі оптикалық шыныдан жасалған, лимб бойынша есептеулерді шкалалық микрометрі немесе оптикалық микрометрі бар оптикалық есептеу жүйесімен алады.

Электронды теодолиттерде жұмыс мөлшері электротехникалық элементтермен беріледі (индуктивтік, сыйымдылық, резисторлармен,) немесе «бұрыш – код – сан» типті бергіштермен беріледі. Ақпаратты сандық таблодан немесе автоматты режимде оқуға болады – ақпарат тасығышта тіркеу арқылы жүргізіледі.

30 жылдардың басында КСРО-да АГТ жасау жұмыстарының үлкен көлемі геодезиялық аспап жасауда жоғары дәлдікті теодолиттерді жасау міндетін қойды. 1934 жылы “Аэрогеоприбор” – зауыты ірі АГТ-де бұрыштық өлшеулер жасауға арналған У-5 эмбебап теодолитін шығара бастады. Ол горизонталь бұрыштарды өлшеуді және 2 класты триангуляцияда астронықтауларды қамтамасыз етті.

1935 жылы 1 кластық триангуляцияда бұрыштарды өлшеуге арналған ТТ – 2/6 жоғары дәлдікті триангуляциялық теодолиті жасалды. Олар 1965

жылға дейін шағарылды ТТ –2/6 теодолиттерді көмегімен бұрынғы КСРО–дағы ірі тораптың бұрыштық өлшеулерінің негізгі көлемі жасалған. Ол 20 – 30 км қашықтық кезіндегі горизонталь бұрыштарды 0,5” – 0,7” дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік берді.

1940 жылы “Аэрогеоприбор” зауыты ОТ –02 жоғары дәлдікті оптикалық теодолиттердің алғашқы партиясын шығарды, ол 1965 жылда жетілдіріп, ОТ – 02М шифрін иеленді. Теодолиттер 1–4 кластағы триангуляция тораптарындағы бұрыштық өлшеулер жүргізуге арналған.

1968 жылы ТТ –2/6 теодолитінің орнына ЦНИИГАиК-те жасалған жарты секундтық дәлдіктегі Т-05 жоғары дәлдікті оптикалық теодолиттері шығарыла басталды. Теодолиттер 1кластағы триангуляция және полигонометрия пункттеріндегі горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеуге арналған болатын.

70 жылдардың аяғында секундтық дәлдікті жаңа оптикалық теодолиттер Т1 шығарыла бастады.

Сол уақыттағы жоғары дәлдікті шетелдік теодолиттердің ішінде Theo 002– жоғары дәлдікті оптикалық әмбебап астрономиялық–геодезиялық аспабын бөліп көрсетуге болады, ол астрономиялық анықтауға және геодезиялық пункттерде жоғары дәлдікті бұрыштық өлшеулер жүргізуге арналған. Горизонталь бұрышты өлшеудің орта квадраттық қателігі - 0,5” – 0,7”.

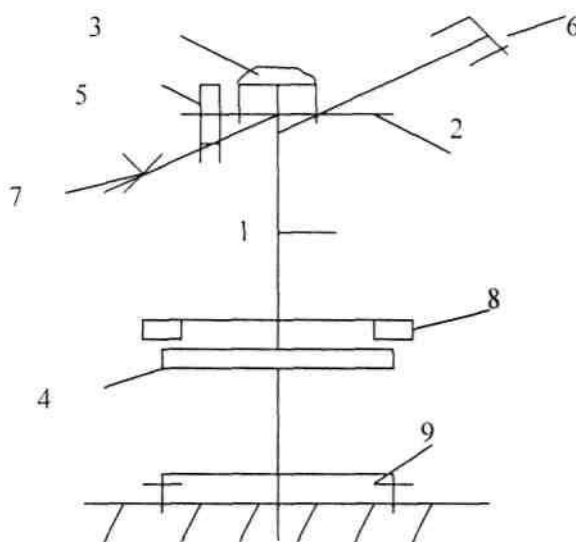
Аталған теодолиттер көмегімен бұрынғы КСРО-ның, соның ішінде Қазақстанның да мемлекеттік геодезиялық тораптарының пункттерінде бұрыштық өлшеулер жүргізілді.

Негізгі жоғары дәлдікті тораптарды жасау кезінде бұрыштық өлшеулерді ауданның әртүрлі физикалық–географиялық және климаттық жағдайларында жүргізеді. Өлшеудің максималды дәлдігін қамтамасыз ету үшін және аспаптың көп жыл пайдалану жағдайында оған ерекше талаптар қойылады:

-әртүрлі физикалық–географиялық жағдайларда және оны пайдалану мерзімінде тиімді жұмыс істеуін және бұрыштың өлшеулердің тұрақты дәл нәтижелерін сақтау;

-аспаптар геодезиялық жұмыстарда кеңінен қолдануға ыңғайлы болуы керек, ол үшін оның салмағы, өлшемдері және аспаптың құны азайтылады.

Жоғары дәлдікті оптикалық теодолит келесі негізгі бөліктерден тұрады (11 сурет):



11 сурет – Жоғарғы дәлдікті оптикалық теодолиттің сұлбасы

Осьтік жүйе, оған теодолиттің вертикаль осі кіреді 1, дәл деңгейі 3; дүрбінің айналудың осі 2; тұғырық 9; горизонталь 4 және вертикаль 5 дөңгелектердің лимбтері; визирлік қондырғы – окулярлық микрометрлі дүрбі 7; есептеу қондырғысы 8, оған оптикалық микрометр кіреді.

Теодолиттің негізгі бөліктері өзара байланысқан; олардың дәлдігі келісулі болу керек.

Бұрыштық өлшеулер процесінде теодолиттің геометриялық сұлбасындағы кез келген бұзылулар өлшеулер нәтижелеріне кері әсерін тигізетін қателіктерге алып келеді.

Түзетулер және тексертулер кезінде геометриялық параметрлеріне және оптикалық–механикалық талаптардан анықталады және жойылады. Зерттеулерге өлшеу нәтижелеріне сәйкес түзетулер енгізу үшін жойылмайтын ауытқуларды анықтауды көздейді. Міндетті түзетулерге келесілер кіреді:

1) горизонталь дөңгелектің алидада кезіндегі цилиндрлік деңгейдің осі теодолиттің айналудың осін перпендикуляр болу керек;

2) көру дүрбісінің визирлік осі оның айналудың осіне перпендикуляр болуы керек. Бұл шарттың орындалмауы коллимациондық қателерге алып келеді; олар $2c = \text{КЛ} - \text{КП} \pm 180^\circ \leq 20''$ аспауы керек. Коллимацияның әсері өлшеген бағытқа дүрбінің екі жағдайынан КЛ және КП алынған екі есептеуден толық жойылады.

3) көру дүрбісінің айналудың осі теодолит осіне перпендикуляр болуы керек. Дүрбінің горизонталь осінің теодолиттің вертикаль осіне перпендикуляр еместігінен және цапф диаметрлерінің теңсіздігіне пайда болған қателерді жою үшін бағыттарды дүрбінің екі жағдайында өлшеп, олардың орта арифметикалық есебін алу қажет.

4) зенит орнын МZ немесе ноль орнын МO верикаль дөңгелектің $MZ=KЛ+КП-180^0$ немесе $MO =КП-КЛ+90^0$ $10''$ көп болмау керек.

Жоғары дәлдікті теодолиттерді зерттеу кезінде лимб диаметрінің қателіктері, оптикалық, ренгоптикалық микрометрдің бос жүрісі, алидада және лимб эксцентриситеттері анықталады.

Аспаптың бөліктері мен бөлшектерін дайындаумен байланысты қателіктер лимб диаметрінің қателеріне жатады. Бұл – ең ірі аспаптық қателіктер. Бұл қателіктердің әсерін бұрыштық өлшеулер жүргізу әдісімен азайтады.

Әр бұрышты бірнеше амалдармен өлшейді. Әрбір амалда алидаданың бастапқы қондырғылары лимбтің жартылай доғасында біртекті таралуы керек. Горизонталь дөңгелекті амалдар арасында келесі бұрышқа ауыстыру керек:

$$\delta = 180^0 / m + i, \quad (23)$$

мұндағы m – амалдар саны, i – теодолит лимбінің бөлінуі,

Оптикалық микрометрдің бос жүрісі кезінде микрометр шкаласы айналғанда беріліс механизмі параллель жазық жоспарларды бірақ кешіктіріп қозғалысқа келтіреді, яғни лимб шкалалары кешігіп қозғала бастайды.

Барабан алғашында бос айналады. Бос жүріс барабан кері айқалғанда байқалады. Бұл қателіктің әсерін азайту үшін микрометр басының бойынша бұрып аяқтау қажет.

Номиналды және микрометр көмегімен өлшенген шамалар рен деп аталады. Микрометрдің есептік барабанының ең кіші бөлігі:

$$\mu = i / n, \quad (24)$$

мұндағы i -лимб штрихтар арасындағы ең кіші интервал, лимб бөліктері; n -лимбтің бір бөлігіне сәйкес келетін барабанның бөлігіндегі сан; μ бізге белгісіз, ал лимбтің бір бөлігіне келетін микрометр барабанының бөліктерінің нақты саны белгісіз. Аспап конструкциясымен қарастырылған оның теориялық саны n_0 белгілі:

$$r = n_0 - n \quad (25)$$

Алидаданың эксцентриситеті дегеніміз – алидаданың айналу осі мен лимб өсінің сәйкес келмеуі. Лимб эксцентриситеті дегеніміз – горизонталь

дөңгелектің айналу орталығының және лимб бөлігі сақинасы орталығының проекцияларының сәйкес келмеуі.

Эксцентриситеттері сызықтың және бұрыштың элементтерімен сипатталады. Алидада эксцентриситеті есептік индексінің жылжуына алып келеді.

4.2 Электронды теодолиттер. Роботталған тахеометрлер

Микропроцессорлық техниканың дамуы геодезиялық аспаптардың, соның ішінде жоғары дәлдікті теодолиттің жетілдірілуіне алып келеді. Микропроцессорлар мәліметтерді өңдеу және беру үшін, сонымен қатар өлшеу процесін басқару және түзетулерді есептеу қызметін атқарады. Микропроцессорларды қолдану қызмет көрсететін адамдар санын азайту және өлшеулер уақытын қысқарту арқылы жаңа аспаптардың үнемділігін қамтамасыз етеді.

Соңғы уақытта әлемдегі нарықты жоғары дәлдікті электронды теодолиттердің және электронды тахеометрдің көптеген түрлері пайда болды.

Дағдылы шынылы лимбті есептік жүйелердің орнына электронды тахеометрлерде бұрыштық жүйелері қолданылады.

Мысалы, кодты теодолиттерде лимб концентрациялық мөлдір немесе мөлдір емес бөлікті дисктен тұрады. Әрбір бөлікке қарсы люминисценттік диод орналасқан, оның сәулесі лимб тесігінен өтіп, фотодиод арқылы электрлік сигналға түрленеді. Бұрышты өлшеудің электрлік жүйесінде айналмалы бөліктері бар лимб қолданылады. Олар қара-ақ жолақтардан тұрады, ол арқылы люминесценттік диод және фотодиод арқылы сәуле электронды сигналға айналды.

Алғашқы жоғары дәлдікті электронды теодолиттің бірі - “Вильд Хербург” (Швейцария) фирмасының Т 2000S теодолиті.

Аспаптың техникалық сипаттамалары:

Фокустау – автоматандырылған; көрінісі – тура; бағыттау дәлдігі $-0,9''$, горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеу дәлдігі $-0,5''$, жұмыс температуралар диапазоны -20^0 –тан $+50^0$ С-қа дейін, салмағы 12,7кг.

Wild 3000 сериялық теодолиттерді жоғары сапалы көру дүрбісімен және екі осьті компенсатормен жабдықталған. Олар геодезия мен өндірісте жоғары дәлдікті өлшеулер жүргізуге арналған (12 сурет).



12 сурет - Wild TM 3000 теодолиті

TM 3000 типті моторлы теодолиттер негізінде Wild ATMS (Leica) автоматты теодолиттік өлшеулер жүйесінде жасалған. Ол инженерлік қондырғылардың деформациясын жоғары бақылауға арналған және толық автоматтандырылған. Жүйе бағдарламаланған нұсқауларға сәйкес объектідегі барлық қажетті нүктелерді түсіреді және оның өлшемдері, деформациясы, қисығы, қиысулары, жазықтығы, тік бұрыштары, үш өлшемді модельдері, т.б. жайлы толық ақпарат бере алады. Жүйе 1мм-ден кем ауытқыларды анықтай алады.

Роботталған тахеометрлер сервоприводтармен, радиокоммуникациялық қондырғылармен жабдықталған, отражательдері механикалық тахеометрлерге қарағанда еңбек өнімділігін 2 есе арттыруға мүмкіндік береді. Аспаптармен бір ғана адам қызмет жасайды. Мысалы, рейка ұстаушымен радиомодем арқылы немесе отражателсіз жұмыс жасағанда тек бақылаушымен басқарылады. Робот – автоматтардың дәлдігі және қызметі бұл аспаптарды жоғары дәлдікті жұмыстарда, инженерлік қондырғылар мен жер бетінің деформациясын автоматты бақылауда, құрылыста машиналарды автоматты басқаруда, сонымен қатар стандартты геодезиялық жұмыстарда: ірі масштабты түсірістерде, қондырғыларды өлшеуде қолдануға мүмкіндік береді.

Leica кәсіпті 1100 сериялы роботталған моделдері шығарылады. Отражательдерді 360градустық призмалардың болуы еңбек өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұрыштық дәлдігі 1,5'' –5'', сызықтық дәлдігі 2мм +2мм/км.

Spektra Precision фирмасының Geodimetr 600S Pro модульдік принципінің арқасында, мысалы, автобақылау функциясын қосуға, ал ДУ блокты радиокоммуникация жүйесі есте сақтауға және дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Geodimetr 650 - бірсекунттық дәлдігі бар, оның сызықтық дәлдігі 1мм +1мм/км.

Zeiss фирмасының Elta S сериясының аспаптары DOS, операциялық жүйесі бар қуатты процессорлармен ерекшеленеді, арнайы бағдарламалар пакетімен жабдықталады, мысалы, жол төсемесін бөлу үшін арнайы пакет, деформацияларды бақылау немесе дөңгелек амалдары өңдеу. Фирма бұл сериядағы аспаптарды геодезиялық өлшеулерді автоматтау жүйелермен; отражательдермен тез іздеу жүйесімен; 1 км –ге секундтық дәлдік беретін дәл бағыттау жүйесімен; бағытты көрсету жүйесімен және т.б. жабдықталған. Бұрыш дәлдігі 1"-3", сызықтық дәлдігі - 1мм+ 2 мм/км.

4.3 Жоғары дәлдікті бұрыштық өлшеулер қателіктерінің көздері

Горизонталь бұрыштарды өлшеудің екі принциптік сұлбасы бар: жеке бұрыштардың өзін өлшеу және бағыттарын өлшеу.

Бағыттарын өлшеу кезінде бір пункттен бақыланатын визирлік нысаналарға дүрбіні кезекпен бағыттау, бекітілген лимб бойынша есептеулер және алғашқы бағыт және басқа бағыттар арасындағы бұрыштар қатарын есептеу жұмыстарын жүргізеді.

Жеке бұрыштары өлшеу пункттердің әрбір жұбын кезекпен өлшеу, лимб бойынша есептеу және өлшейтін бұрыш шамасын анықтайтын айырма есептеледі.

Өлшеу бірлігі ретінде өлшенетін бұрыш немесе бағыттың бір мәнін алу үшін белгілі бір тәртіпте орындалатын өлшеу операцияларының жиынтығынан тұратын амал алынады.

Бұл тәртіпті қателіктердің әртүрлі көздерінің әсерін азайтатындай белгілейді.

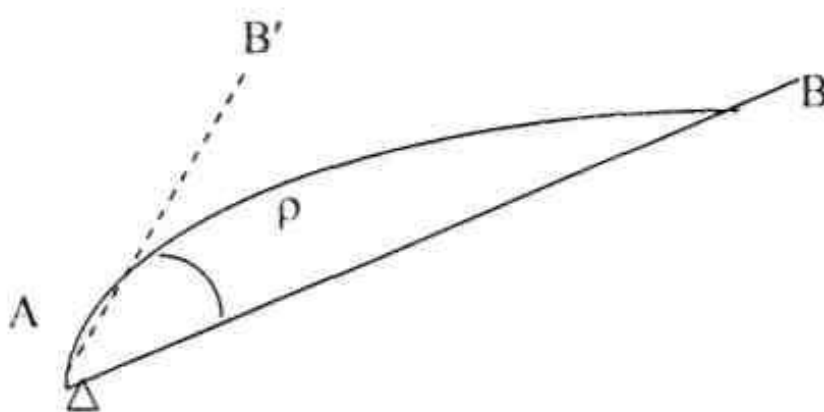
Бұрыштық өлшеулердің қателіктерінің негізгі көздері аспаптық, жеке және сыртқы орта.

Сырқы ортаның әсері бұл өлшеулердің дәлдігін шектейді, себебі олар атмосфераның тәулік ішінде үздіксіз өзгеріп отыратын жер бетіндегі қабатында жүргізіледі. Атмосфераның жер бетіндегі қабаттары су буымен, шағылысу, сәуленің жұтылуы және таралуынан өзгеріске ұшырап отырады.

Бұрыштық өлшеулердің кең тараған қателігінің бірі – рефракция қателері, ауаның конверциялық ағындары, белгілердің бұрылуы, визирлік цилиндр фаза қателіктері болып табылады.

Рефракция – күн сәулесінің атмосфераның әртүрлі тығыздықты қабаттарынан өту кезіндегі сыну траекториясы. Бақылаушы А нүктесінен В нүктесін АВ бағыты бойынша емес, АВ¹ жанама түзуі бойынша көреді.

Рефракция өлшемі АВ жанамасы мен АВ хордасы арасындағы ρ бұрышы болып табылады (11 сурет).



11 сурет –Рефракция бұрышы

Бұл бұрыштың АВ түзуінің соңғы нүктесінен өтетін вертикаль жазықтыққа түсетін проекциясы вертикаль рефракция деп аталады, ал горизонталь жазықтағы проекциясы –горизонталь немесе бүйілік рефракция деп аталады. Бүйірлік рефракция горизонталь бұрыштарды өлшеудің кездейсоқ және жүйелі қателерде, ал вертикаль рефракция – зениттік қашықтық қателеріне алып келеді. Вертикальді көлбеуліктен бір–екі деңгейге жоғары. Рефракция шамасына температураның өзгеруі (температура градиенті) ең көп әсер етеді. Бүйір рефракция түнгі және күндізгі кезеңдерде қарама-қарсы белгіде болады. Көлбеу рефракцияның азайтудың тиімді шарасы: торларды сәулелердің рефракциялық әсерінің күшті жерлерінен қашықтау жерлерден өтуін ескеріп жобалау; температуралық градиент шамалары минимальді аспаптарды таңдау; әрбір пунктте әртүрлі, бірақ метеорологиялық жағдайлары бойынша қолайлы аспаптарды қолдану қажет. Бақылаулар жүргізу үшін қолайлы кезең – таңертең және кешкі кезеңнің күн ұясына кіргеннен кейін 1сағаттан кейін.

Ауаның конверциялық ағыны. Күнмен жер бетінің қызуы салдарынан пайда болады. Олар визирлік нысаналар көрінісінің биіктігі және азимуты бойынша тербелістерге алып келеді, ол биссекторды бағыттауды қиындатады.

Белгілердің бұрылуы. Әрбір сигнал немесе штативтің әруақытта температуралық өзгерістерден, жел қысымынан жеке бөліктерінің деформациялануынан аздаған ауытқулары (азимуты бойынша) болады.

Визирлік цилиндр қателер –күн сәулесінің тегіс емес түсуінен болатын құбылыс, оның салдарынан визирлік қондырғының бақылынатын осінен жүйелі ауытқу орын алады. Егер цилиндрдің бір бөлігіне жарық түссе, ал екіншісі көлеңкеде болса, онда оны көлеңкеде жобалағанда жарық бөлігі ғана

көрінеді, ал жарықты жобалағанда қараңғы жағы көрінеді. Бақылау үшін аз фазалы цилиндрлер қолданылады, мысалы, В.Н. Шишкин конструкциясы.

Теодолит пен маркаларды орналастыру. Теодолитті белгіде және штативте орнықты орналастыру – жоғары дәлдікті өлшеулер алудың басты шарттарының бірі.

Температураның теодолитке әсері. Барлық жоғары дәлдікті теодолиттер температуралық өзгерістерге өте сезімтал болып келеді. Температура әсерін азайтудың тиімді құралы теодолиттерді термостатирлеу, яғни оны тікелей күн сәулелерінен сақтау.

Геодезиялық тораптарды жоғары дәлдікті өлшеулері бақылауға қолайлы уақытта, яғни визирлік нысаналар көрінісінің тербелісі шамалы, атмосфералық көрінуі және көру жағдайлары жақсы, ал бүйір рефракцияның әсері аз болған кезде жүргізеді. Мұндай жағдайлар таңертең және кешкісін, ауа қабаттында визирлік сәуле биіктігінде изометрияға жақын жағдай болғанда пайда болады. Бақылауға қолайлы уақыт ұзақтығы ауа температурасына, бұлттылыққа визирлік сәуле биіктігіне байланысты.

4.4 Жоғары дәлдікті бұрыштық өлшеулер тәсілдері

Өндірісте қолданылатын тәсілдердің кеңінен тарағаны Шрейбер (n бағыттағы барлық комбинацияда жеке бұрыштарды екі рет өлшеу) және Струв тәсілі (дөңгелек амалдармен өлшеу). Барлық қалғандары негізгі тәсілдердің модификациясы болып табылады және олардың мақсаты негізгі тәсілдердің кемшіліктерін азайту болып табылады.

Дөңгелек амалдар тәсілінің мәні мынады: Лимб қозғалыссыз болған кезде теодолит алидадасын сағат тілі бағытымен айналдырады және кезекпен көру дүрбісін бақылау пункттеріне бағыттайды да, бастапқы бағытқа бағыттаумен аяқтайды. Өлшеулердің берілген кешені бірінші жартылай амалды құрайды. Сонан соң дүрбіні зенит арқылы өткізеді және алидаданы сағат тіліне қарсы айналдырып, дүрбіні сол пункттерге бағыттайды, бірақ кері кезекте – екінші жартылай амал болады.

Екі жартылай амалдың әрбір бағыты бойынша ортасын шығарады. Мұндай бірнеше амал жасайды: 2, 3 және 4 класты триангуляция пункттерінде сәйкес 12, 9, 6 амал, ал полигонометрия торларында – 18, 12 және 9 амал.

Бағыттың орташа шамаларын бастапқыға келтіреді. Бұл үшін берілген бағыт бойынша есептеуден бастапқы есептеуді шағырады. Пункттегі бағыттың соңғы мәні барлық m амалдардан орташа арифметикалық мәнін шығару арқылы анықтайды.

Амалдар арасында лимбті келесідей бұрышқа ауыстырады:

$$\delta = 180^{\circ} / m + i, \quad (26)$$

мұнда m - амалдар саны, i - теодолит лимбінің бөліктері.

Дәлдікті бағалау үшін берілген бағыт мәнінің әрбір амалда ν орта арифметикалықтан ауытқуын есептейді, олардан квадраттар сомасын құрайды және бір амалдан шығарылған бағыттың орташа квадраттың қателігін есептейді – салмақ бірлігінің қателігі:

$$\mu = \frac{\sum |\nu|}{n} k, \quad (27)$$

мұндағы n - пункттегі бағыттар саны; m - амалдар саны; $k = 1.25 / \sqrt{m(m-1)}$.
Бағыттардың m саны теңестірілген орта квадраттық қателігі.

$$M = \mu / \sqrt{m}. \quad (28)$$

Тәсілдің артықшылықтары:

-өлшеулер процесін жылдамдататын бақылаулар жүргізудің қарапайымдылығы;

-арнайы бағдарламаны құрастыруды талап етпейтін дөңгелектің орын ауыстыруларының аз саны;

- тікелей өлшеген бұрыштардың көп қатары.

Тәсілдің кемшіліктері:

- барлық бағытта бірдей көріністің қажеттілігі;

- бастапқы және басқа бағыттардың теңсіздігі. Бірінші бағытқа екі есе көп бағытталады соның нәтижесінде олармен жасаған бұрыштардың қателіктері аз.

- өлшеулердің салыстырмалы ұзақ уақыты.

Бұрыштарды барлық комбинацияларда өлшеу тәсілін Гаусс ұсынған, неміс геодезисті Шрейбер жетілдірген, ол оны 1868-1874 жылы Пруссия триангуляциясында қолданған. Бұл тәсілі өзара әртүрлі комбинациялар құрайтын екі бағыт арасындағы жеке бұрыштар өлшенеді. n бағыттағы мұндай бұрыштардың саны:

$$\frac{n(n-1)}{2}. \quad (29)$$

Берілген бекеттегі әрбір нақты жағдайда бұрыштарды бақылау үшін амалдар саны бағыттар санына байланысты анықталады:

$$m = P / n, \quad (30)$$

мұндағы P – Ережемен реттелген өлшеулер салмағы.

1 кластық триангуляция үшін $P = 35-36$, 2 класс үшін – 24.

Әрбір бұрыштың мәнін үш рет алуға болады: бірі тікелей өлшеу және екеуі – екі басқа тікелей өлшеген бұрыштардың суммасы немесе айырымы ретінде.

$$(1.2) = (1.4) - (2.4) = (1.3) - (2.3);$$

$$(1.3) = (1.4) - (3.4) = (1.2) + (2.3)$$

Лимб бөліктерінің ауытқуларының әсерін азайту үшін және тәуелсіз нәтижелер алу мақсатында бұрыштарды горизонталь дөңгелектің әртүрлі қондырғылармен өлшейді. Лимбті амалдар арасында келесі бұрышқа орын ауыстырады.

$$\delta = \frac{180^0}{m} + i, \quad (31)$$

Бір-біріне түспейтін бұрыштар топтары арасындағы амалда келесідей бұрышқа тең:

$$\delta = \frac{\sigma}{n-1} + i, \quad (32)$$

n - бағыттардың жұп саны кезінде;
және

$$\delta = \frac{\sigma}{n} + i \quad (33)$$

n - тақ саны кезінде.

Әрбір пунктте бақылау бағдарламасы жасалады. Лимбтің жұмыс қондырғыларының кестесі есептеледі. Бұл кезде нұсқауларда келтірілген лимб қондырғысының кестесін қолдануға болады.

Бұрышты өлшеу келесі ретпен жүргізіледі. КЛ кезінде көру дүрбісінің биссекторын сол жақ визирлік нысанаға бағыттайды, лимб бойынша берілген бұрыштың берілген амалы үшін сәйкес есептеулер жүргізіледі.

Алидаданы алып, сол жақ бағыттағы визирлік нысанаға сағат тілі бағытымен бағыттайды. Екі рет есеп алады. Бұл қозғалыстар бірінші жартылай амалды құрайды.

Екінші жартылай амал. Дүрбіні зенит арқылы өткізеді және алидаданы сағат тілі бағытымен айналдырып, көру дүрбісінің биссекторын оң жақ визирлік нысанаға бағыттайды. Есебін алады. Алидаданы алып және оны сағат тілі бағытымен айналдырып көру дүрбісін сол жақ визирлік нысанаға бағыттайды. Есебін алады.

Бұл тәсіл бұрыштарды кез келген кезекте өлшеуге мүмкіндік береді және барлық бағыттағы көріністі қажет береді. Бір амалдың жалпы уақыты дөңгелек амалдағы дан аз. Шрейбер тәсілінде лимб бөліктерінің ауытқулары Струв тәсіліне қарағанда толығырақ жойылады, себебі лимб орындастыруларының саны артады.

Бұрыштық өлшеулер нәтижелерін өңдеу кезінде екі жартылай амалдан алынған бұрыштық орташа мәні шығарылады. Тікелей өлшеген бұрыштар мәнінен және басқа бұрыштардың айырылымы немесе суммасы ретінде алынған бұрыш мәнінен бұрыштық орташа мәнін табады. Әрбір бұрыш үшін оның тікелей өлшеген және теңестірілген (v) мәндері арасындағы айырымды анықтайды және дәлдігін бағалайды.

Бұрыштық орта квадраттық ауытқуы бір амалдан келесі формуламен анықталады:

$$\mu = \sqrt{\frac{2m\Sigma v^2}{(n-1)(n-2)}} \quad (34)$$

мұнда n - пункттегі бағыттар саны; m - амалдар саны

Бағыттың орта квадраттық ауытқуы:

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{mn}} \quad (35)$$

мұнда μ - салмақ бірлігінің қателігі

4.5 Келтіру элементтерін анықтау

Мемлекеттік торап пункттерінде өлшеген бағыттар белгілер центрге келтірілуі керек. Ол үшін оларға центрлік және редукциялық түзетулер енгізеді.

Центрлік түзету аспаптың вертикаль осінің центрден тек орналасуынан, ал редуциялық визирлік нысана осінің марка центрмен сәйкес келмеуінен есептейді.

Бұл түзулерді есептеу үшін теодолиттің айналу осінің I және визирлік нысана осінің V және белгі центрінің O өзара орналасуын және геодезиялық торапқа қатысты бағытын білу қажет. Бұл үшін центрлеу және редуциялаудың бұрыштық (θ және θ_1) және сызықтық (l және l_1) элементтері белгілі болуы керек.

Келтіру элементтері графиктік, аналитикалық және келтіру элементтерін тікелей өлшеу тәсілдермен анықталады.

Келтіру элементтерін графиктік тәсілімен анықтау келесідей жүргізіледі. Көмекші теодолиттің үш қондырғысынан геодезиялық белгі биіктігінен центрлік бетте теодолиттің айналу осін және визирлік цилиндр осін жобалайды. Мензула пункт центрінің үстінде орнатылады. Дәл сол сияқты теодолитті марка көрінетін қашықта орналастырып үш қондырғымен пункт центрін жобалайды. Бұл кезде ауытқулар үшбұрышы пайда болады, олардың қабырғалары: пункт центрін жобалау кезінде 3мм, тодолит осін жобалау кезінде 5мм және визирлік нысана осін жобалау кезінде 100мм аспау керек.

I және V нүктелерінен центрлеу бетінде A бастапқы және қандай да бір B пунктіне бағыт жүргізеді. I және V нүктелерін O нүктесімен линейкамен қосады және 0.001 м дәлдікте центрлеу сызықтық элементін $l = OI$ және редуцияның сызықтық элементін $l_1 = OV$ өлшейді. I и V нүктелерінде θ и θ_1 бұрыштарының сағат тілі бағытымен пункт центріне қарай өлшенеді.

Өлшеген бағыттың центрлеу түзетулері келесі формуласымен есептеледі:

$$c = \frac{l \sin(M + \theta)}{S} \rho \quad (36)$$

редуциялық түзетулер:

$$r = \frac{l_1 \sin(M_1 + \theta_1)}{S} \rho, \quad (37)$$

мұндағы S - пункттер арақашықтығы;

θ - бұрыштық элемент;

l - сызықтық элемент;

M - өлшенген бағыттың мәні.

Бақылау сұрақтары:

1. Жоғары дәлдікті оптикалық теодолиттің сұлбасын сипатта.

2. Негізгі тексерістерді ата және жоғары дәлдікті оптикалық теодолитті зерттеу.
3. Струв тәсілімен бағытты өлшеу.
4. Шрейбер тәсілімен бағытты өлшеу.
5. Жоғары дәлдікті бұрыштық қателерінің негізгі көздері

5 ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ СЫЗЫҚТЫҚ ӨЛШЕУЛЕР

5.1 СЫЗЫҚТЫҚ ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫНЫҢ ДАМУЫ

Қазіргі геодезиялық өндіріс пен ғылымда кеңістікті сызықтық өлшеусіз жұмысжүргізу мүмкін емес.

Ең алғашында сызықтық өлшеулер базистік аспаптармен жүргізілген. Базистік аспаптардың дамуының негізін Виллиброд Снеллиус салған. Ол 1615 жылы Алькмаар және Берген-оп-Зоом арасын анықтау үшін Нидерландыда үшбұрыштар желісін құру арқылы қысқа базисті (350м) өлшеген.

Тарихи дамуына сәйкес базистік аспаптар келесідей жіктеледі:

- ағаштан, кейіннен металдан жасалған өлшегіш жезл қатты базистік аспаптар;

- қатты емес базистік аспаптар - өлшегіш шынжырлар, таспалар, аспалы өлшегіш сымды және таспалы аспаптар.

Сызықтық өлшеудің аталған құралдары механикалық аспаптарға жатады.

Қатты базистік аспаптардың дамуы келесі кезеңдермен сипатталады:

1. Контактілі базистік аспаптар. Бірінші жезлді аспаптар қарапайым ағаш бағаналардан тұрған, олардың ұштары бір-біріне түйіскен, кейінірек өзара айқасатын ұшы лезвие тәрізді жезлдер пайда болды. XVII ғ. басынан XVIII ғ. ортасына дейін базистік өлшеулер тек контактілік әдіспен жүргізілген және бұл әдіс ғылым мен техниканың дамуына сәйкес жетілдірілді.

2. Интервалды өлшейтін базистік аспаптар. Интервалды өлшеу кезінде өлшегіш жезлдер олардың ұштарының арасында арнайы құралдармен өлшенетін кішкентай аралықтар қалатындай қосылады.

3. Сәйкестік тәсілмен өлшеу. Бұл тәсілде штрихті жезлдер бірінің штрихының басы екінші штрихтің жалғасы болатындай етіп орналастырылады.

4. Бейметалды базистік аспаптар. Бұл әдісте жезл ұзындығының температура әсерінен өзгеруін ескеру мәселесі шешілген.

5. Оптикалық үйлесімді аспаптар.

Жезлдер XIX ғасырдың соңына дейін (Германияда, Бельгияда, Данияда, Италияда және Австрияда XX ғасырдың 30 жылдарына дейін) жергілікті жерде сызықтар жоғары дәлдікті өлшеу үшін қолданылған. Қазіргі уақытта технологиялық жабдықтың жылжуынан бақылау үшін қысқа түзу ұзындықтарын жоғары дәлдікті өлшеу үшін өлшегіш ұшты және штрихті-ұшты жезлдер қолданылады. Жезл ұзындығы 1м болғанда, өлшеудің орта

квадраттық қателігі 15мкм. Инварлы сымды базистік аспаптардан кейін өлшегіш таспалар мен шынжырлар пайда болды.

1880ж. Эдвард Едерин жоғары дәлдікті сызықтық өлшеулердің тұрақты кернеуде болатын болат таспалы әдісін ұсынады. Бұл базистік аспаптардың дамуында түбегейлі өзгерістерге алып келді.

Сымдармен өлшеудің жаңа бағыттары 1887ж ашылды. Рене Бенуа және Ш. Эд. Гильом «инвар» деп аталатын жаңа қоспаны ойлап шығарды.

Сызықтық өлшеулердің алдыңғы қатарлы құралдарының екінші тобын оптикалық және радиофизикалық дальномер деп бөлінетін физикалық – оптикалық аспаптар құрайды.

Қашықтықты оптикалық дальномермен өлшеу геометриялық оптика принциптеріне негізделген. Оптикалық дальномерлер екі топқа бөлінеді: тұрақты бұрышты дальномер және тұрақты базисті дальномерлер.

Кеңестік оптикалық дальномерлерді жасауда ілгері қадамдардың бірі 1947ж В.А. Белицин ЦНИИГАиК–пен бірге жасаған ДНБ – 2 насадкалары болды. Бұдан кейін геодезиялық жұмыстарда кеңінен қолданылған алдыңғы қатарлы оптикалық дальномерлер жасалды. Оптикалық дальномерлер негізінен геодезиялық аспаптық (теодолит, тахеометр) дүрбісіне қондырылатын насадкалар болып табылады.

Радиоэлектрондық әдістер сәуле және радиолакацияға негізделген, яғни әртүрлі объектілердің бағыты, қашықтығы және орналасу орны оларға шағылысқан немесе олардан шыққан сәуле және радиотолқындар бойынша анықталады.

Электромагниттік толқындардың жер атмосферасында таралуы олардың тербелісінің ұзындығына байланысты. Сондықтан геодезиялық мақсатта ұзын толқындардан сантиметрлік және миллиметрлік толқындарға дейін және инфрақызыл және көрінетін спектр толқындарын пайдаланады.

1930 жылы кеңес академиктері Л. И. Мандельштам және Н.Д. Папалески қашықтықты өлшеудің радиотолқындары фазалық қатынастарын пайдалануға негізделген әдістерін ұсынған. Нәтижесінде 30-шы жылдары КСРО–да бірқатар радиогеодезиялық дальномерлік жүйелері (радиолаг, радиодальномер, фазалық зонд) жасалып, сынақтан өтті. Радиогеодезиялық дальномерлік жүйелерді конструкциялау және жетілдірудің дамуы бірқатар жоғары дәлдікті геодезиялық радиодальномерлердің жасалуына алып келді.

5.2 Жарық сәулемен қашықтықты өлшеу

Алғашқы жарық сәулелі қашықтықты өлшегіш 1936 жылы Мемлекеттік оптикалық институтында жасалған. 1953 жылы СВВ-1 жарық сәулелі қашықтықты өлшегіш, ал 1956 жылы ЭОД-1 жоғары дәлдікті жарық сәулелі қашықтықты өлшегіш жасалып, сериялық өндірісіне шығарылды. Жарық сәулелі қашықтықты өлшегіш техниканың әрі қарай дамуы оптикалық

кванттық генераторлар мен жартылай өткізгіштердің жасалуымен байланысты.

Жарық сәулелі қашықтықты өлшегіштерде қашықтық жарық толқынының приемопередатчиктерден шағылыстырғышқа дейін таралу уақыты бойынша өзгереді. Егер бұл уақытты τ , жарық жылдамдығын c деп белгілесек, онда өлшенентін D қашықтығы келесі формуламен өрнектеледі:

$$D = c/2 \cdot \tau + k, \quad (38)$$

мұндағы k - дальномердің аспаптық түзетуі.

Уақытты фазалық әдіспен өлшейді, мұнда амплитуда бойынша немесе поляризация жазықтығы бойынша модульденген жарық ағыны жіберіледі. Кейбір дальномерлерде уақыт интервалын түрлендіргіш импульстік әдісті қолданылады.

Жарық модуляторы ретінде жарықты бір жазықтықта поляризациялайтын Керра ұяшығы, дифракциялық модуляторлар, литий ниобаты және басқа да элементтер негізіндегі қатты кристалдар қолданылады.

Алғашқы жарық сәулелі қашықтықты өлшегіштерде жарық көзі ретінде лампалар, сынап лампалары, қазіргі кезде лазерлік және жартылай өткізгішті сәулелендіргіштер қолданылады.

Инфрақызыл жарықтың жартылай өткізгішті сәулелендіргіштер модульденген жарық шығара алады, оған арнайы модуляторлардың қажеті жоқ.

Жарық сәулелі қашықтықты өлшегіштерде жарықтық модуляциясының жүруі нәтижесінде ұзындығы λ жарық толқыны пайда болады:

$$\lambda = c / \Gamma, \quad (39)$$

мұндағы Γ -жарық модуляциясының жиілігі.

Уақыттың әрбір кезеңінде жарық толқыны өз фазасымен сипатталады. Себебі, жарық толқынына шағылыстырғыштар қашықтыққа дейін және кері қарай өтуі үшін белгілі бір уақыт керек, дистанцияны өткен жарық фазасы негізгі каналдағы жарық фазасымен сәйкес келмейді.

Фазалардың айырымы арнайы фаза өлшегіш қондырғылармен, оптикалық сызықпен, фаза айналдырғышпен немесе сандық есептеу қондырғысымен өлшенеді.

Жарық қабылдағыш ретінде бақылаушы көзі, фотокөбейткіш немесе фотокедергі қабылданады.

Гармониялық тербеліс фазаларының айырымы циклді түрде өзгереді, ал оны тікелей өлшеу бір фазалық циклде (жарық модуляциясының жартылай толқынының ұзындығы) жүргізіледі. Сондықтан толық қашықтығын анықтау үшін тербеліс фазаларының айырымын модуляцияның

жиіліктерінде өлшейді немесе белгілі бір диапозонда толық фазалық циклдер санын табады.

Жоғары жиілікті бағыттаулардың кері әсерін азайту үшін светодиальномердегі фазалық өлшеулерді төмен аралық жиіліктерінде жүргізеді. Ол үшін негізгі масштабтық жиілік генераторларынан басқа, генератордың жиілік генераторы болады. Негізгі және гетерогендік жиіліктер айырымы аралық жиілікті береді. Негізгі масштабтық жиіліктердің әртүрлі светодиальномерлерінің мәні 4 – 750 Мгц аралығында, ал аралық жиіліктер 15 – 100 Кгц-ті құрайды.

Өлшеулердің импульстік әдісінде сигналдар қысқа импульстер сериясы ретінде жіберіледі, ал олардың қажет қашықтыққа дейін өту уақыты тікелей өлшенеді. Аз уақытты және жоғары когерентті жарық импульстерін шығаратын оптикалық кванттық генераторлар жоғары дәлдікті импульстік лазерлік дальномерлерді шығаруға болады.

Жарық сәулелі қашықтықты өлшегіштер объектілерді электромагниттік толқын көмегімен оқшауландырып және олардың таралу уақытын анықтау принциптеріне негізделген. Бұл жағдайда электромагниттік энергия жарық ағынын береді. Электромагниттік тербеліс көзі ретінде жарықтың лазерлік көздері және жартылай өткізгіш жарық диодтары пайдаланылады. Светодиальномерлердің пайда болуы сызықтық өлшеулерде революция жасады, олар еңбекті көп қажет ететін механикалық базистік өлшеулерден бас тартуға мүмкіндік береді.

5.3 Қашықтықты өлшеудің электрондық әдістері

Қашықтықты өлшеудің электронды әдістерін іске асыратын аспаптарға бүгінгі күнде кеңінен тараған электронды тахеометр жатады.

«Электронды тахеометр» деген термин алғаш рет 1971 жылы светодиальномер, бұрыштарды электронды өлшейтін сандық теодолит және өлшеу нәтижелерін сақтау модулінен тұратын жаңа өлшеу аспаптары пайда болғанда қолданылған. Бұлар – әлемге әйгілі Geodimeter –700 және Reo Eita 14 компанияларының Geotronics AB (Швеция) және Opton (Германия) аспаптары.

Қазіргі электронды тахеометрлер –күрделі оптикалық-электронды аспаптар, олар алдыңғы қатарлылары фирмалардың электроника, оптика, нақты механика, лазерлік техника, ақпараттық технологиялар аумағындағы соңғы техникалық жетістіктерін жинақтаған. Бұл өлшеу нәтижелерін автоматты түрде өңдейтін, бұрыштық және сызықтық өлшеулер жүргізуге мүмкіндік беретін көп функционалды аспаптар болып табылады. Электронды тахеометр электронды теодолит, электронды жоғары дәлдікті дальномер және дала компьютерлерінің барлық мүмкіндіктерін біріктірген.

Қазіргі микроэлектрониканы аспап жасауда кеңінен қолдану қашықтықты өлшеудің электромагниттік әдісінің жылдам дамуына алып келді. Электрондық тахеометрлердің жаңа буыны пайда болды. XX ғ. 90 жылдарының соңында шағылыстырушысыз аспаптардың сериялық модельдері пайда болды. Бұл жаңа аспаптар пайдалы қазба кенорындарын ашық игеруде, жаңа жолдарды салу және қайта жаңғыртуда, өндіріс объектілерін түсіруде кеңінен қолданыс тапты. Олардың артықшылықтары: түсіріс көмекшісіз жүргізіледі, қашықтарды шағылыстыру орнату қиын болатын нүктелерді де өлшеуге болады. Мұндай тахеометрлер, мысалы: Topcon (АҚШ) фирмасының GPT – 8200 және GPT – 7000 тахеометрлер сериясы, SOKKIA (Жапония) фирмасының SET 330R, SET 530R, SET 630R тахеометрлер сериясы. GPT – 7000 тахеометрінің жаңа лазерлік дальномерлік модулі жоғары сапалы оптикалық жүйесімен және импульстік лазермен жабдықталған. Шағылыстырушысыз өлшеулер 250 м дейін, ал шағылыстырушысы бар өлшеулер 3 км дейін жүргізіледі.

Электрондық тахеометрлік жүйелердің алдыңғы қатарын өндірушілер Spektra Precision (Швеция/Германия), Leica (Швейцария), Sokkia, Topcon, Nikon, Rentax (Жапония) фирмалары электрондық тахеометрлердің 100-ге жуық модельдері мен модификацияларын шығарды.

Қазіргі электрондық тахеометрлерді қашықтықты әртүрлі дәлдікпен өлшейтін аспап ретінде қарастыруға болады: 3000 м-ді 1 мм + 1ppm дейін.

Ұзындықты өлшеудің радиоэлектрондық әдісіне ұзын базистік квазарлық радиоинтерферометрияны жатқызуға болады. Бұл әдісті 1965 жылы совет радиоастрономдары Л.И.Матвиенко, Н.С.Кардашев және Г.Б.Шоломицкий ұсынған. Радиоинтерферметрия бақылаулары қолдану принципі келесі әрекетке негізделген. Квазарлық сигналдары радиотелескоп антенналарына бір уақытта түспейтіндіктен, радиоинтерферометрияның базистік пункттерінен квазарға дейінгі қашықтықтың бағыты әртүрлі болады.

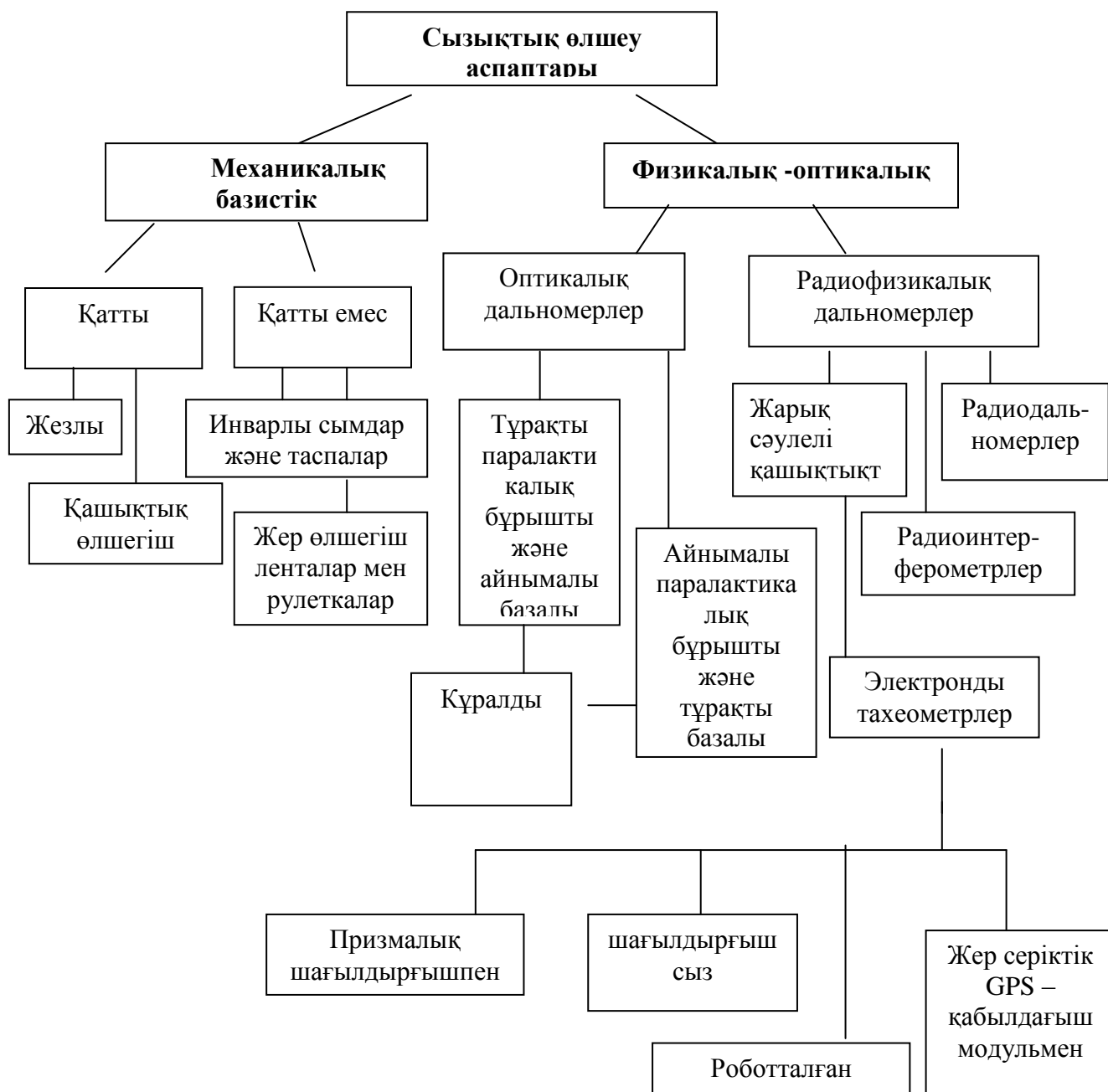
5.4 Қашықтық өлшелерінің аспаптарының жіктемесі

Триангуляцияда, полигонометрияда түзу сызық ұзындығын өлшеу мемлекеттің бүкіл аумағында бірыңғай жүйедегі негізгі процестерінің бірі болып табылады.

Мемлекеттік геодезиялық торларда жоғары дәлдікті сызықтық өлшеулерді триангуляциядағы базистік өлшеулер ретінде немесе жоғары кластың полигонометрия қабырғаларын тікелей өлшеу арқылы жүргізеді.

Сызықтық өлшеулер аспаптарының классификациясы 12-суретте келтірілген.

Түзу сызық ұзындығын қажетті дәлдікпен тікелей өлшеу үшін әртүрлі өлшеу аспаптары және өлшеудің әртүрлі технологиялары қолданылды.



12-сурет. Сызықтық өлшеулер жүргізу аспаптарының сипаттамасы.

Түзу ұзындығын ұзақ уақыт аралығында тікелей өлшеу базис ұзындығын, базис қабырғаларын және полигометрия түзулерінің ұзындықтарын өлшеудің жалғыз тәсілі болды. Геодезиядағы салыстырмалы қателігі 1:1000 000 сызықтық өлшеулердің ең жоғары дәлдігі инварлы сымды базистік аспап (Едерин аспабы) көмегімен жүзеге асырылады.

Едерин базистік аспабы БП-1, БП-2, БП-3 маркаларымен шығарылады. Жоғары дәлдікті өлшеулер БП-1 аспабымен жүргізіледі.

Едерин базистік аспабы өлшегіш сымдардан маркалы штативпен нивелирлеу, центрлеу үшін көмекші аспаптан тұрады. Өлшегіш сымдар

инвардан, яғни 36% никельден және 64% темірден тұратын қоспадан жасалды. Түзу ұзындығын өлшеудің қазіргі аспаптары светодальномер, радиодальномерлер ХХ ғ. 70 жылдары пайда болды. Дальномерлермен қашықтықты өлшеу принциптері: өлшенетін D қашықтығын электромагниттік толқынның тура және кері бағытта өту уақытын τ өлшеу.

Егер электромагниттік тербелісінің v таралу жылдамдығы белгілі болса, онда

$$D = v\tau/2. \quad (40)$$

Геодезиялық радиодальномерлер бірнеше жүз метрден бірнеше ондаған км-ге дейінгі қашықтықты 1/200 000-1/300 000 дәлдікпен өлшеуге арналған.

Геодезиялық светодальномерлер 1 және 2 класты полигонометрия қабырғаларын өлшеуге арналған.

Жарық сәулелі қашықтықты өлшегішпен қашықтықты өлшеу дәлдігі радиодальномерлердің дәлдігінен біршама жоғары. 1 және 2 кластық геодезиялық торлардан түзу ұзындығын өлшеу үшін «Кварц», 2 класс торларында СГ – 3 жарық сәулелі қашықтықты өлшегіштері қолданылады.

«АГА Геотроник» фирмасының (Швеция). «Геодиметр 600» светодальномері геодезиялық торлар мен геодинамикалық полигондарда 60км дейінгі қашықтықты өлшеуге арналған.

1965 жылы кеңес радиоастрономдары Л.И.Матвиенко, Н.С.Кардашев және Г.Б.Шоломицкий өте ұзын базалы (РСДБ) радиоинтерферометрия әдісі туралы тұжырым жасады. Радиоинтерферометриялық бақылауларды геодезиялық мақсатта қолдану келесі принциптерге негізделген. Квазарлардың сигналдары үлкен қашықтықтардағы радиотелескоп антенналарына бір уақытта түспейді, радиоинтерферометрияның базистік пункттерінен квазарға дейін қашықтық берілген τ уақытына кешігіп беріледі. Квазарға дейінгі белгілі бағыттар бойынша келесілерді анықтауға болады: база ұзындығы, бұрыштық секундтың жүздік бөлігіне дейінгі дәлдікпен базаның бағытын сипаттайтын бұрыштарды, жердің айналу жылдамдығын, литосфералық плита қозғалысы. Ұзын базистік радиоинтерферометрия әдісі геодезиялық торларды, жер полюстерінің қозғаласын анықтау, жер қыртысы блоктарының өзара орын ауыстыруын бақылау және дәлдігін арттыруда қолданылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Геодезиялық торлардағы түзу ұзындықтарын өлшеу аспаптары қалай жіктеледі?
2. Едериннің базистік аспабы деген не және ол өлшеулерде қолданылады?
3. Радиодальномерлер қандай қашықтықтарды өлшеуге арналған?

4. Жарык сәулелі қашықтықты өлшегіштер қандай қашықтықтарды өлшеуге арналған?
5. Қашықтықты жарык сәулелі қашықтықты өлшегішпен өлшеу қандай принципке негізделген?

6 ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТОРАПТАРДЫ АЛДЫН АЛА ӨНДЕУ ЖӘНЕ ТЕҢЕСТІРУ

6.1 Геодезиялық тораптарды алдын ала есептеу

Триангуляциядағы өлшеу нәтижелерін математикалық өңдеудің негізгі кезені – бақылау материалдарын алдын ала өңдеу болып табылады. Алдын ала есептеудің мақсаты – триангуляцияда дала өлшеулерінің сапасын анықтау. Алдын ала өлшеу нәтижесінде торда өлшенген мәндер пункттердің центріне келтіріледі және жазықтыққа Гаусс-Крюгер проекциясымен немесе референц-эллипсоид бетіне шоғырланады (редуцирленеді).

Триангуляциядағы алдын ала есептер Гаусс-Крюгер проекциясымен жазықтыққа шоғырланған кезінде келесі жұмыстар жасалады:

дала материалдарын өңдеу және тексеру;

бұрыштарды өлшеу мәліметтерін немесе бағыттарын жинақтау және оларды станцияда жоғарғы дәлдікпен теңестіру;

бастапқы берілгендерді дайындау;

үшбұрыштарды алдын ала есептеу және сфералық артықшылықтарды алу;

центрлеу және редукциялау үшін бағытта түзетулерді есептеу;

пункттердің келтірілген тік бұрышты координаттарын есептеу;

геодезиялық сызық көрінісінің қисықтығына Гаусс-Крюгер проекциясындағы жазықтықта түзету енгізу;

белгі центрлеріне келтірілген және жазықтыққа шоғырланған бағыттардың мәліметтерін жинақтау;

бастапқы мәліметтерді дайындау.

Алдын ала есептеу алдында «Бастапқы мәліметтердің тізімі» құрастырылады:

- бастапқы пункттердің тік бұрышты координаттары;
- бастапқы пункттердің арасындағы қабырғалардың ұзындығы және дирекциондық бұрышы.

Бастапқы мәліметтер геодезиялық координаттар жүйесінде, жергілікті жүйеде болуы мүмкін. Бұл жағдайда жергілікті немесе геодезиялық координаттардан тікбұрышты координаттарға көшу есептерін шығару керек. Бастапқы қабырғалардың ұзындықтары және олардың дирекциондық бұрыштарын кері геодезиялық есептер формуласы арқылы шығарамыз

$$tg \alpha_{in} = \frac{y_n - y_i}{x_n - x_i} . \quad (41)$$

$$S_{in} = \frac{y_n - y_i}{\sin \alpha_{in}} = \frac{x_n - x_i}{\cos \alpha_{in}} = \sqrt{(x_n - x_i)^2 + (y_n - y_i)^2} . \quad (42)$$

6.1.1 Үшбұрыштардың алдын ала есептеуі және сфералық артықшылығын жою

Үшбұрыштарды алдын ала есептеу процесінде олардың қабырғалар ұзындықтары мен сфералық артықшылықтары анықталады. Үшбұрыштардың қабырға ұзындықтары өлшенген бағыттардың түзетуін теодолиттің центрлеуі және көздеу белгілерінің редукциясына есептеу жүргізу қажет.

Үшбұрыштарды есептеген кезде келесідей шарттарға қарау керек:

- торап сұлбасында үшбұрыштарды біртіндеп тізбектен бөліп алып, оларды нөмерлеу. Бұл тізбек кірмейтін үшбұрыштар нөмерленіп соңында шығарылады.
- әр үшбұрышта бірінші орында бастапқы қабырға мен қарсы жатқан бұрыш белгіленеді, ал соңында – келесі жатқан үшбұрыштың бастапқы қабырғасына қарсы жатқан бұрышының биіктігі белгіленеді.

Үшбұрыштағы қабырғалар ұзындықтары, синус теоремасы арқылы шығарылады

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}, \quad (43)$$

a қабырғасын бастапқы деп алып, басқа қабырғалар ұзындығын табады

$$q = \frac{a}{\sin A}, \quad b = q \sin B; c = q \sin C \quad (44)$$

a , b және c қабырғалы үшбұрыштың сфералық артықшылығын келесі формуламен табады

$$\varepsilon = f a b \sin C, \quad (45)$$

a және b қабырғалары км-мен берілген. f коэффициенті $f = 0.00253$.

6.1.2 Центрлеу және редуцирлеу үшін түзетпе есептері

Триангуляция пунктінде J нүктесінің проекциясы теодолиттің тұрғаны, V белгінің горизонталь жазықтығына көздеу нысанасы және оның центрі O өзара бір-біріне сәйкес келмейді. Осыған байланысты J нүктесінде өлшенген бағыттар белгінің O нүктесіндегі центріне келтірілуі керек, c'' теодолитті

центрлеу түзетпелермен өзгертілуі тиіс. Бұл түзетупелер берілген пункттерде өз таңбасымен қосылады.

Берілген пункттің көздеу нысанасындағы r'' түзетуі өз таңбасымен кері бағыттарға енгізіледі.

6.1.3 Жақындатылған тік бұрышты координаттар есептері

Жазықтыққа шоғарланған торды алу үшін, ең басты жазықтыққа, өлшенген бағыттарды келтіру керек, оларды жазықтыққа, геодезиялық сызықтардың қисықтық көрініс түзетпелерін енгізіп, ол үшін тораптың барлық пункттерінің жақындатылған координатарын табу керек. Бұл координаттарды келесі формуламен табуға болады

$$\left. \begin{aligned} X_n &= X_i + S_{in} \cos \alpha_{in}, \\ Y_n &= Y_i + S_{in} \sin \alpha_{in/} \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

Келесі пункттің координаттары үшбұрыштың екі қабырғасы арқылы есептеледі. Екі рет есептелген координаттар арасындағы айырмашылық 1 метрден аспау керек.

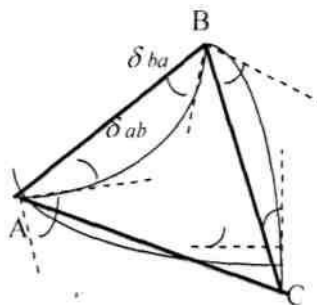
6.1.4 Жазықтықтағы геодезиялық сызықтың бейне қисықтығы себебінен бағытты түзетпе есебі

Жазықтықтағы Гаусс-Крюгер проекциясындағы үшбұрыштар қабырғалары эллипсоидтағыдай қисық сызықтармен белгіленеді. Жазықтықтағы қисық сызықты үшбұрыштардың төбелерін түзулермен – хордамен жалғастырады, осындай үшбұрыштарды шығару үшін аналитикалық геометрияда қолданатын қарапайым (онай) формулалармен шығарады (13 сурет). Қисық сызықтар арасындағы бұрыштардан хорда арасындағы бұрыштарға көшу қажет, ол үшін әр өлшенген бағытқа δ_{ik} түзетуін енгізеді. Кері және тура бағыттарға енгізетін түзетулері 2-4 класс триангуляциясында есептеледі:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{ik} &= \frac{f}{3}(X_i - X_k)(2Y_i + Y_k), \\ \delta_{ki} &= -\frac{f}{3}(X_i - X_k)(2Y_k + Y_i), \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

мұнда X және Y – жазықтықтағы пункттердің жақындатылған координаттары, километрмен беріледі.

(47)-формулада ордината Y осьтік меридианнан басталған, онда зона нөмірін есепке алмаймыз және 500 км алып тастаймыз.



13-сурет. Жазықтықтағы геодезиялық сызықтық көрінісіндегі қисықтық түзетпелер.

Қисықтық түзетпелер үшбұрыштың қисық сызықты қабырғаларын тік сызықты қабырғаларға ауыстыру үшін керек болғандықтан, түзетуді енгізгеннен кейін үшбұрыштың бұрыштар сомасы оның сфералық артықшылығынан ε кем болады. Тік түзетпелердің дұрыстығын келесі теңдеумен білуге болады :

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = -\varepsilon, \quad (48)$$

мұнда δ_i – үшбұрыш бұрышындағы түзету, сол және оң бағыттарындағы δ_{ik} түзетулер айырмашылықтары.

6.1.5 Жазықтыққа шоғырланған және белгілердің центріне келтірілген бағыттардың келтірулерін құру

Бағыттардың мәліметтерін құру өлшенген бағыттардың есептелінуінен тұрады, редукция r'' және c'' центрлеу түзетулері енгізілген және δ_{ik} жазықтығында геодезиялық көрінісінің қисықтық түзетуі бар. Осындай мәліметтердің құрылуы алдын ала есептеулердің соңғы этапы болып табылады. Ол триангуляцияны теңестіру кезіндегі бастапқы құжат болады, қатесіз орындалуы керек.

6.2 Геодезиялық тораптарды теңестіру

Алдын ала есептеуден кейін, теңестіру есептеріне кіріседі. Теңестірудің мақсаты болып анықталатын өлшемдердің жоғарғы сапасын алу, олардың

дәлдігін арттыру және де өлшенген шамалар мен функцияларының дәлдіктерін бағалау табылады.

Теңестіру есептері тек өлшеулер қажетті өлшеулерден көп есе артық болса ғана жүргізіледі.

Геодезиялық тораптарды теңестірудің екі классикалық коррелаттық және параметрлік әдістері бар.

6.2.1 Геодезиялық тораптарды теңестірудің коррелаттық әдісі

Коррелаттық әдісте есеп шартты экстремум функциясын $\Sigma p v^2 = \min$ көмекші белгісіздер – коррелаттар көмегімен анықтауынан алынады.

Шартты теңдеулерді анықтайтын математикалық қатыстар, тордың бостығына немесе бос еместігіне байланысты. Егер тек керекті ғана бастапқы мәліметтер берілсе, тор бос деп есептелінеді. Триангуляцияда бұл бір ғана бастапқы пункті, тек екі бастапқы пункттердің координаттары немесе бір ғана бастапқы пункт ұзындығы және азимуты өлшенген бар торлар болып табылады.

Бос емес тораптар деп бастапқы мәліметтері өте көп болатын, яғни бірнеше пункттердің координаттары, екі немесе одан көп азимуттары және базисы бар тораптар аталады.

Тәуелсіз шартты теңдеулердің санын және түрін анықтау үшін келесі формулалар берілген:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{теңдеулердің барлығы} & S_n = D^* - 2k - t; \\ \text{фигура теңдеулері} & f = D - p - t + 1; \\ \text{полюс теңдеулері} & c = p - 2n + 3; \\ \text{базис теңдеулері} & r\bar{b} = k\bar{b} - 1; \\ \text{дирекциондық бұрыш} & r\bar{d} = k\bar{d} - 1; \\ \text{абсцисса және ордин} & rX, Y = 2(kX, Y - 1), \end{array} \right\} \quad (49)$$

мұнда $D^* = D + k\alpha + kS$.

D – тордағы өлшенген бағыттардың саны;

$k\alpha$ және kS – қосымша өлшенген бағыттар саны, бірақ координаттар бойынша қабырғалары және азимуттары есептеліп берілген;

n – тораптағы барлық пункттердің саны;

k – анықталынып жатқан пункттер саны;

t – бұрыштары өлшенген пункттер саны;

p – тораптағы барлық қабырғалар саны;

kS – өлшенген және координаттар бойынша өлшенген базистік қабырғалардың жалпы саны;

kD – азимуттары өлшенген және координаттар арқылы есептелінген дирекциондық бұрыштардың жалпы саны;

kX, Y – бастапқы пункттердің жеке топтарының саны, олардың өзара бір бірімен қабырғалары байланыссыз. Жеке топ немесе тек бір пункттен, немесе координаттары берілген бірбірімен байланысқан көршілес пункттер қатарынан тұруы мүмкін.

Шартты теңдеулерді құрастыру және шартты теңдеулердің бос мүшелерінің өлшемдерін анықтау.

Пішін шарты барлық бұрыштары өлшенген және көпбұрыштың бұрыштар суммасы келесідей болатын жабық геометриялық фигураларда пайда болады,

$$\sum \beta = 180^{\circ}(n - 2), \quad (50)$$

мұнда n – көпбұрыштың төбелер саны.

Бірақ өлшеу қателеріне байланысты бұрыштар суммасы n , өлшенген шамалардан тұратын теориялық берілімдерге тең болмайды.

Үшбұрыштың фигуралар шарты, бұрыштар суммасы егер барлық өлшенген бұрыштарға (1), (2), (3) түзету енгізсе 180° -қа тең болып сақталады

$$(1) + (2) + (3) = w, \quad (51)$$

мұнда w – үшбұрыштық келіспеушілік

$$w = 180^{\circ} - (1 + 2 + 3) \quad (52)$$

Полюстық шарты. Полюстық шарттар центрлік жүйеде және геодезиялық төртбұрыштарда пайда болады. Теңестірілген тораптағы әртүрлі үшбұрыштардан шығарылған екі рет есептелінген, бір қабырғаның ұзындығы тең болуы керек. Полнос шартын құрастырғанда басында полнос таңдалып алынады. Геодезиялық төртбұрышта – бұл доғал бұрыш төбесі, центрлік жүйеде – орталық пункт.

Полюстік шарт қабырғалар қатынасын құрайды, полнос нүктелерінен шығады, бір қабырғадан басталып және сол қабырғамен аяқталады. Содан кейін қабырғалар қатынасын берілген үшбұрыштардың қарама- қарсы бұрыштардың синустар қатынасына ауысып алынады және бөлімінде үшбұрыштары бұрыштарын β_i және β_j деп белгілеп, ал P_1 және P_2 – бұрыштар өлшенген шамаларының синустардың көбейтіндісін полюстік шартты теңдеуі жазылады:

$$\sum ctq\beta_i(\beta_i) - \sum ctq\beta_j(\beta_j) + w = 0, \quad (53)$$

мұнда

$$w = \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{\Pi_1} \rho'' \quad (54)$$

Бақылау: түзетулердегі коэффициент суммалары нольге тең болу керек.

Бағыттарды теңестіргенде бұрыштардың түзетулері бағыттардың түзету айырмасымен ауыстырылады: плюс болса – оң жақ, ал бағыттың түзетуі минус болса – сол жақ болады.

Полюстік шарттың бос мүшелері геодезиялық төртбұрыштарда және орталық жүйеде мынадан көп болмау керек:

$$w_{дон.} = 2,5m'' \sqrt{\sum ctq^2 \beta} \quad (55)$$

мұнда $\sum ctq^2 \beta$ - үшбұрыштың байланысқан бұрыштарының котангенс квадратының суммасы.

Базистік шарт торда бастапқы қабырғалар саны көп болып жатса пайда болады және теңестірілген торда бастапқы қабырғаның есептелінген шамасы үлкен дәлдікпен өзінің берілген шамасына тең болу керек.

$$\sum ctq\beta_i(\beta_i) - \sum ctq\beta_j(\beta_j) + w = 0, \quad (56)$$

Мұнда $w = \rho''(S'23 - S23)/S'23$;

$S'23 = S12 (\Pi_1/\Pi_2)$.

Мұнда β_i және β_j деп үшбұрыштың алымы мен бөліміндегі бұрыштар белгіленген. Алымының бұрыштары анықтама қабырғаларына қарсы, ал бөлімінің бұрыштары бастапқы қабырғаларына қарсы жатады.

Π_1 және Π_2 – бұрыштардың өлшенген шамаларының алымы және бөлімінің синустар көбейтіндісі. Бағыттарды теңестіргенде бұрыштағы түзетулерді бағыттардың түзетулерінің айырмасына алмастырады.

Базистік шарттың бос мүшесін және коэффициентін шығару алдына оны теңестірген бұрыштардың синустары арқылы жазады.

Базистік шартты бос мүшесінің мөлшері формула бойынша шығарылған өлшемнен аспауы керек.

Дирекциондық бұрыштардың шартты теңдеуі тораптағы бастапқы дирекциондық бұрыштардың саны көп болса пайда болады. Дирекциондық бұрыштардың шартын құрастырғанда үшбұрыштардың бұрыштар арасы арқылы өтетін сызығын таңдайды, олар бір бастапқы бағыттық

дирекциондық бұрыштан екінші бастапқы бағыттық дирекциондық бұрышына дирекциондық бұрышы тапсырады.

$$w = 2,5 \sqrt{\left(\frac{b_2}{\rho} m\right)^2 \sum ctq^2 \beta + 2m_b^2} \quad (57)$$

$$(C1) + (C2) + w = 0 \quad (58)$$

$w = C'1 + C'2 - (\alpha_2 - \alpha_1)$,
мұнда $C'1$ және $C'2$ – өлшенген бұрыштар

$$w_A = 2,5 \sqrt{m^2 n + 2m_\alpha^2}, \quad (59)$$

мұнда m_α - Лаплас пункттеріндегі азимуттардың дәл өлшемдері, 1.1".

6.2.2 Геодезиялық тораптарды теңестірудің параметрлік әдісі

Геодезиялық торларды теңестірудің барлық әдістерінен ең ыңғайлысы – параметрлерік, ол компьютер арқылы оңай орындалады.

Параметрлік әдісте абсолюттік экстремумге есеп шығарылады, яғни $\Sigma pv^2 = \min$ функцияның минимумын табу керек. Белгісіздер болып функцияларында барлық өлшенген өлшемдері бар белгісіздер параметрлері алынады. Бұл жағдайда түзетпе тендеулерін құрастырады, тендеуден ең бірінші бұл параметрлерге түзетпе табады, содан кейін өлшенген өлшемдердің түзетпелерін табады.

Түзетпелердің теңестірілуі өлшенген өлшемдер түзетулер мен параметрлердің жақындатылған мөлшерлеріндегі түзетулер арасындағы байланысын анықтайды.

Триангуляция тораптарын теңестіру параметрлік әдісіне келесідей теңестіру есептерінің тізбегі беріледі:

- анықталатын пункттердің жақындатылған координаттарын жоғары дәлдікпен есептеу;
- барлық қабырғаларының жақындатылған дирекциондық бұрыштарын кері геодезиялық есеп арқылы шығару;
- координат түзетулерінің нормаль тендеулерін құрастыру және есептеу;
- пункт координаттарының соңғы мәндерін есептеу, олардың жақындатылған мәндерінің түзетулері енгізіледі;
- станциядағы ориентир түзетулерін есептеу және өлшенген бағыттардың түзетулерін есептеу, үшбұрыштардың соңғы есебі;
- дирекциондық бұрыштарды есептеу, координаттарды есептеу және анықталатын пункттердің координаттарын екінші рет анықтау;
- тордың теңестірілген элементтерінің параметрлік бағалауы.

Багыттарга арналган түзетулердің параметрлік теңдеулерін құру
Өлшенген бағыттардың түзету теңдеулері:

$$v_{ik} = -\delta z_0 - a_{ik}\xi_i - b_{ik}\eta_i + a_{ik}\xi_k + b_{ik}\eta_k + l_{ik}, \quad (60)$$

мұнда i, k - анықталатын пункттердің нөмері,

δz_0 - i пунктіндегі z_i ориентир бағытын түзету;

a_{ik} және b_{ik} - түзетудегі теңестіру коэффициенті;

$\xi_{i(k)}, \eta_{i(k)}$ - жақындатылған координаттардың түзетулері, дециметрмен берілген;

$\xi = 10\delta x, \eta = 10\delta y$, мұнда $\delta x, \delta y$ - пункттер координаталардың түзетулері, метрмен берілген;

l_{ik} - түзетулер теңдеуінің бос мүшесі.

Түзетулер теңдеуінің a_{ik} және b_{ik} коэффициенттері және l_{ik} бос мүшесі келесі формуламен анықталады

$$\begin{aligned} a_{ik} &= -20.6265 \frac{\sin \alpha_{ik}^0}{S_{ik}}, \\ b_{ik} &= +20.6265 \frac{\cos \alpha_{ik}^0}{S_{ik}}, \end{aligned} \quad (61)$$

$$l_{ik} = z_{ik}^0 - z_i^0,$$

мұнда

$$z_0 = \frac{1}{n} \sum_1^n z_{ik}, \quad (62)$$

$$z_{ik} = \alpha_{ik}^0 - N'_{ik}, \quad (63)$$

мұнда N'_{ik} - өлшенген бағыттың мәні;

n - пункттегі өлшенген бағыттардың саны.

Кері бағытқа теңдеу келесідей болады:

$$v_{ki} = -\delta z_0 - a_{ki}\xi_{ki} - b_{ki}\eta_k + a_{ki}\xi_i + b_{ki}\eta_i + l_{ki}, \quad (64)$$

Тура және кері бағыттардың түзету теңдеулерінде белгілері және коэффициенттер мөлшерлері бір аттас түзетулерде бірдей жұп болады: $a_{ik} = -a_{ki}, b_{ik} = -b_{ki}$. Әр пункттегі бос мүшелердің есептелуінің бақылауы келесі шарттай болады $\sum_1^n l_{ik} = 0$.

Егер өлшемдер бастапқы пункттегі бастапқы пунктке жүргізілсе, түзету теңдеуі келесідей:

$$v_{ik} = -\delta z_i + l_{ik}. \quad (65)$$

Егер өлшемдер анықталатын i пунктінен k бастапқы пунктіне жүргізілсе, онда

$$v_{ik} = -\delta z_0 - a_{ik}\xi_i - b_{ik}\eta_i + l_{ik}, \quad (66)$$

Егер i - бастапқы, k - анықталатын пункт болса,

$$v_{ik} = -\delta z_0 + a_{ik}\xi_k + b_{ik}\eta_k + l_{ik}. \quad (67)$$

Дирекциондық бұрыштардың түзету теңдеулері.

$$v_{ik} - a_{ik}\xi_i - b_{ik}\eta_i + a_{ik}\xi_k + b_{ik}\eta_k + l_{ik}, \quad (68)$$

Болып беріледі және бағыттардың түзету теңдеулерінен ориентир бұрышындағы түзетулердің жоқтығымен ерекшеленеді.

a_{ik} және b_{ik} коэффициенті формулалар бойынша шығарылады, ал бос мүшесі $l_{ik} = \alpha_{ik}^0 - \alpha'_{ik}$, мұнда α_{ik}^0 - жақындатылған координаттармен есептеледі, α'_{ik} - дирекциондық бұрыштың өлшенген мәні.

Өлшенген қабырғалардың түзетпе теңдеулері.

Трилатерация және полигонометрия геодезиялық торда қабырғалар, триангуляция торында базистік қабырғалары өлшенеді. Жазықтыққа шоғарланған барлық қабырғалар үшін теңдеулер арқылы түзетулерін анықтайды.

Анықталатын пункттер арасындағы өлшенген қабырға болса, түзету теңдеуі келесідей

$$v_{ik} = -c_{ik}\xi_i - d_{ik}\eta_i + c_{ik}\xi_k + d_{ik}\eta_k + l_{ik}. \quad (69)$$

c_{ik} және d_{ik} - түзету теңдеулерінің коэффициенті.

Олар келесі формуламен анықталады

$$c_{ik} = \frac{x_k^0 - x_i^0}{S_{ik}^0} = \cos \alpha_{ik}^0, \quad (70)$$

$$d_{ik} = \frac{y_k^0 - y_i^0}{S_{ik}^0} = \sin \alpha_{ik}^0.$$

түзету теңдеуінің бос мүшесі мынаған тең:

$$l_{ik} = S_{ik}^0 - S_{ik}' . \quad (71)$$

S_{ik}^0 - жақындатылған координаттармен есептелінген қабырға ұзындығы;

S_{ik}' - жазықтыққа шоғырланған және өлшемдерден алынған қабырға ұзындығы.

Түзетулер теңдеуінің коэффициентін есептегеннен кейін, осы теңдеулердің жүйесін құрастырады. Олардан нормаль теңдеулерге ауысады, оларды есептеп, ξ және η белгісіздерді табады, олар тордағы өлшенген өлшемдердің түзетулерін есептеуге мүмкіндігін береді.

Бақылау сұрақтары:

1. Алдын ала есептереулердің негізгі этаптарын атаңыз.
2. Өлшенген бағыттарға келесідей түзетулер: центрлеу, редукция, жазықтағы геодезиялық түзету көрінісінің қисықтығы не үшін енгізіледі?
3. Коррелаттық әдіспен триангуляция торын теңестіру кезінде қандай шартты теңдеулер құрастырылады?
4. Геодезиялық төртбұрышқа полюстық шартты теңдеуін жазыңыз.
5. Параметрлік әдіспен триангуляция торын теңестіру кезіндегі анықталған пункттен анықтау пунктіне өлшеп, бағыттың түзету теңдеуін жазыңыз.

7 ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ НИВЕЛИРЛЕУ

7.1 Мемлекеттік нивелирлік тораптың құрылу сұлбасы және міндеті

Нивелирлік тораптар мемлекеттік және мекемелік болып бөлінеді.

Мемлекеттік нивелирлік торап деп мемлекеттің барлық аймағында орналасқан геодезиялық пункттердің (реперлердің) жүйесін айтады, олардың биіктіктері бастапқы бір пункттің бірыңғай жүйесінде анықталған.

Қазақстан Республикасының және ТМД мемлекеттерінің нивелирлік торабындағы биіктіктің бастапқы нүктесіне Балтық теңіздің орташа деңгейі алынады. Қазіргі уақыттағы мемлекеттік нивелирлік торап геометриялық нивелирлеу әдісімен құрылады және дәлдігі бойынша 4 класқа бөлінеді: I, II, III, IV кластар.

I кластық нивелирлік торап мемлекеттің бас биіктік негізі болып табылады, биіктіктердің бірыңғай жүйесін мемлекеттің барлық аймағына таратылуын қамтамасыз етеді және ғылыми есептерді шешеді. Ол полигондардың жиынынан және жеке сызықтардан тұрады.

I кластық нивелирлеу сызықтары темір жол, шоссе және жақсартылған жолдарда және үлкен өзендер мен теңіздердің жағалауларында салынған. Ол үлкен дәлдікпен, жоғары дәлдікті өлшеу техникасымен және жоғарғы дәлдікті нивелирлеу әдісін қолданып орындалады, сонымен бірге гравитациялық өлшеулер жүргізіледі.

II кластық нивелирлік торап I кластық жоғарғы дәлдікті нивелирлік тораптың жиілетуі болып саналады. II класстық нивелирлік торабының негізінде III кластық, содан кейін IV кластық нивелирлік тораптар пайда болады. Жеке топқа геодинамикалық полигондағы құрылған жоғарғы дәлдікті нивелирлік тораптарды бөлуге болады.

Биіктік тіреу тораптары ғылыми және ғылыми-техникалық есептерді шешу үшін құрылады. Негізгі ғылыми есептерге келесілер кіреді: қазіргі замандағы жер бетінің вертикаль жылжуын зерттеу; әр түрлі теңіздердің және мұхиттардың деңгейлерінің арасындағы байланысын және олардың уақыттағы өзгеруін зерттеу; ғылыми-техникалық есептерге: биіктіктердің бірыңғай жүйесін құру және бастапқы деңгейлік бетті таңдау; барлық масштабтағы топографиялық түсірістердің жоғарғы дәлдікті биіктік негізін және құрылыс объектілерінің, пайдалы қазбаларын барлау және игерудің геодезиялық түсірістерін жетілдіру; жоғарғы дәлдікті құрал-жабдықтарды өлшеу әдістерін және алынған нәтижелердің математикалық өңдеулерін жақсарту.

Барлық кластық нивелирлік түзулер жер бетінде репер және маркалармен бекітіледі. Репердің түрі физико-географиялық шарттарға

байланысты таңдалып алынады. Сондықтан әр зонаға лайықты реперлердің конструкциясы жасалынған.

Реперлерді орнатуға ыңғайлы – жер рельефтерінің жоғарғы формалары, ол ірі түйіршікті және суы аз грунттар немесе жартасты грунттар болуы мүмкін. Қабырғалық реперлерді қабырғалары жақсы бекітілген ғимараттарға орнату керек, ол ғимараттар кемінде 7-8 жыл бұрын салынған болсын және реперлер жер бетінен 0,4-0,6 м биіктікте орналассын. Грунтта бекіту сапасына қарап реперлер келесідей бөлінеді: қатарлы, барлық кластың нивелирлік түзуде әр 5-7км сайын орналасқан және фундаментальды, әр 50-60 км сайын I және II кластық нивелирлеу түзуінің түйіндерде орналасқан.

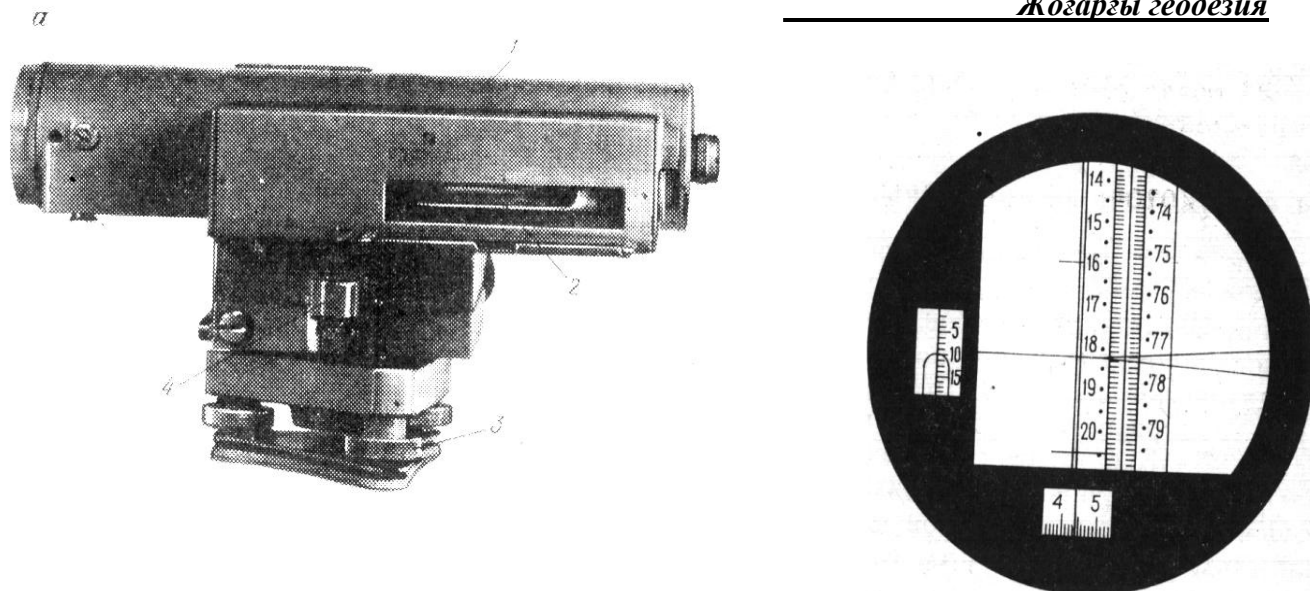
Фундаментальды репердің бекіту тереңдігі – репердің төменгі жағы жердің қату шегінен 1м төмен орналастырылып, бірақ жер бетінен 2,5м-ден төмен орналаспауы керек; грунттық реперлер үшін бұл шамалар сәйкесінше 50см және 1.3м-ге тең.

7.2 Жоғарғы дәлдікті нивелирлер және инварлы рейкалар

Жоғарғы дәлдікті нивелирлер өсімшелерді жоғарғы дәлдікпен анықтау үшін қолданады: кездейсоқ орташа квадраттық қатесі екі жүрістің 1км-не – 0,3-0,5 мм, ал жүйелі қателігі – 0,003-0,005мм болады. Жоғарғы дәлдікті нивелирлер – бұл: дүрбілерінде деңгейлері бар, дүрбілерінің құлау бұрышын жоятын, термостатикалық автоматты нивелир дүрбінің үлкейту көрсеткіші 25^{*} кіші емес.

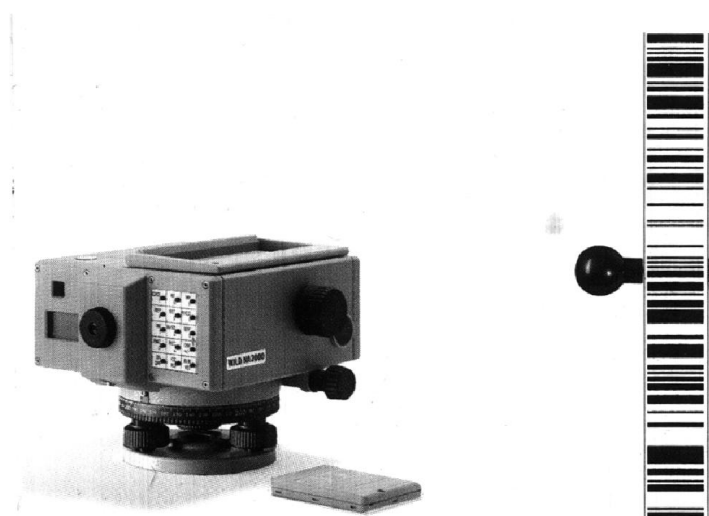
Н-0,5 нивелирі мемлекеттік I және II кластық геодезиялық торабын нивелирлеуге, геодезиялық полигондарда үлкен дәлдікті қажет ететін инженерлік-геодезиялық жұмыстарға арналған (14 сурет). Егер нивелирде компенсатор болса, онда нивелирге К әрпі қосылады, мысалы Н-0.5К, стабилизатор және компенсатор – бұл арнайы құрал, көздеу сызығын горизонталь деңгейге автоматты түрде келтіреді. Олар цилиндрлік деңгейді алмастырады.

I және II класты нивелирлеу кезінде Ni 004 «Карл Цейс Йена» жоғарғы дәлдікті нивелирі, Ni002 компенсаторы бар нивелир және т.б.-лары қолданылған.



14 сурет – Нивелир Н-05 және инварлы рейка

1990 жылы “Wild” Швейцария фирмасы шығарылған бірінші автоматтандырылған сандық нивелир NA–2000 шыққан. Келесі нивелир түрі NA– 3000. Нивелир ішінде автоматты түрде рейканың көрінісі – ара қашықтығы және нүкте биіктігі өңделеді, өлшенген нәтижесі дисплейге шығып, нәтижелері жинақтау құралында сақталады. Электрондық нивелирдің дәлдігі 0,4 мм/км. Жұмыс өлшемі болып бір және екі жақты инварлы штрих-коды бар рейкалар табылады (15 сурет). Жоғарғы дәлдікті нивелирлердің жұмыс өлшемі болып үшметрлі инварлы ленталары бар біржақты, штрихты рейкалар (РН-05) жатады. Лентаның бір жағында 0-ден 60жарты дециметрге дейін белгіленген негізгі шкала, ал екінші жағында 60-119-ға дейін жарты дециметр- қосымша шкаласы жасалынған. Штрихтар әр 0,5см сайын салынған және әр жарты дециметр сайын белгіленген (14 сурет).



15 сурет– Нивелир NA– 3000 және штрих-кодты рейка

Дала жұмыстарын бастамай тұрып және бітіргенге дейін инварлы рейкаларды компараторда эталонын жасайды, оның нәтижесінде негізгі және қосымша шкалалардың метрлік интервалының ұзындығын біледі.

7.3 Жоғарғы дәлдікті нивелирлеу әдісі

I және II кластық нивелирлеу біріктіру әдісімен ортадан жүргізіледі.

I кластық нивелирлеу тура және кері жүріспен екі қос таяқ көмегімен, олар нивелирлеудің екі жеке сызықтарын жасайды – оң және сол, олар бір бірімен 0,5м кем емес орналасады. Көздеу сәулесінің минимал биіктігі - 0.8 м, максимал ұзындығы - 50 м, станциядағы нивелирден рейкаға дейінгі арақашықтықтардың теңсіздігі - 0,5 м, секция бойынша - 1,0 м. II кластық нивелирлеу тура және кері жүріспен бір таяқ көмегімен орналасады. Көздеу сәулесінің минималдық биіктігі -0,5, станциядағы нивелирден рейкаға дейінгі арақашықтықтың теңсіздігі - 1м, секция бойынша - 2м, көздеу сәулесінің максимал ұзындығы - 65м.

Өсімшелердің айырмасы тура және кері жүрісте : шекті қатесі I класта - $3\text{мм}\sqrt{L}$; II класта - $5\text{мм}\sqrt{L}$ (5 кесте).

I және II кластық нивелирлеу кезінде тура және кері жүрістерді күннің әр уақыт мезгілінде жүргізеді, бір трассаның бойында, бір типтес ауысымды нүктелері бойында жүргізеді. Тура және кері жүрістерде штативтер саны бірдей және жұп болу керек.

I және II класс нивелирлеуі 25-30 км-лік учаскемен «сегіз» сұлбасы бойынша жасалады.

II кластық нивелирлеудің тура жүрісінде станциядағы бақылау тәртібі келесідей:

Тақ станция	Жұп станция
1. Артқы рейканың негізгі шкаласынан сынақ есеп	1. Алдыңғы рейканың негізгі шкаласынан есеп
2. Алдыңғы рейканың негізгі шкаласынан есеп.	2. Артқы рейканың негізгі шкаласынан есеп.
3. Алдыңғы рейканың қосымша шкаласынан есеп.	3. Артқы рейканың негізгі шкаласынан есеп
4. Артқы рейканың қосымша шкаласынан есеп.	4. Алдыңғы рейканың қосымша шкаласынан есеп.

Тақ станцияларда кері жүрісте бақылау алдыңғы рейкалардан, ал жұп станцияларда артқы рейкадан басталады. Кері жүрісте рейкалардың орнын

ауыстырады. I класс нивелирлеуде бақылауды оң жақтағы таякшадан бастайды.

III және VI кластық нивелирлеу топографиялық түсірістер үшін биіктік негізді жиілету мақсатымен жасалады. Нивелирлік торап пункттерінің тығыздығы кен игерусатысына, түсірістің масштабына және рельефтің қима биіктігіне байланысты болады.

III және VI класс нивелирлеудің негізгі сипаттамасы 5-кестеде келтірілген.

5- кесте. III және VI класс нивелирлеудің негізгі сипаттамасы және шектері

Көрсеткіштер	Нивелирлеуі	
	III класс	VI класс
Полигон периметрі, км	60	25
Түйінді нүктелер арасында, км	20	8
Жүрістің ұзындығы	30 [×] – 35 [×]	25 [×] – 30 [×]
Нивелир дүрбісінің үлкейтуі, м	75-100	100-150
Көздеу сәулесінің ұзындығы, м	0,3	0,2
Көздеу сәулесінің жер бетінен биіктігі, (м),	2	5
Станциялардағы арақашықтық теңсіздігі, (м),	5	10
Секциядағы арақашықтық теңсіздігі, (мм)	3	5
Жүрістегі шектік қатесі, (мм)	10 _{мм} √L	20 _{мм} √L

III кластық нивелирлеу тура және кері жүрістерде біріктіру әдісімен және рейканың негізгі шкаласының үш жібі арқылы қосымша шкаласының ортаңғы жібі арқылы жасалады. Алыстан өлшеу жіп торлары арқылы арақашықтықты және өсімшені бақылау үшін керек.

VI класс нивелирлеу тура жүрісте орындалады, рейкадан алынатын есеп негізгі шкаласының орта және шеткі бір жіп торынан және қосымша шкаланың ортаңғы жіп торынан алынады.

Геометриялық нивелирлеу нәтижесінің дәлдігін бағалау, жүрістер жабық полигонын құрғанда, 1 км-ге орташа квадратты кездейсоқ қатесі $\eta_{км}$ келесі формулада беріледі:

$$\eta_{км}^2 = \frac{1}{N} \left[\frac{f^2}{L} \right], \quad (72)$$

мұнда L - полигон периметрі, км; N - полигон саны; f - полигон келіспеушілігі, мм.

Егер нивелирлік торап m секциядан, $r_{км}$ ұзындығы k түйінді нүктелерден тұрса, онда $\eta_{км}$ қатесі келесі формуламен беріледі

$$\eta_{км}^2 = \frac{1}{n-k} \left[\frac{v^2}{r} \right], \quad (73)$$

мұнда v - түйінді нүктелерінің арасындағы орташа өсімшедегі түзету

Қазіргі заманда нивелирлеудің өңдеуін және теңестіруі компьютер арқылы жасалады, мысалы CREDO бағдарламасында орындалуы мүмкін.

Тригонометриялық нивелирлеу. Тригонометриялық нивелирлеу деп жергілікті жерде биіктіктердің айырмашылығын көлбеулік көздеу сәулесі арқылы анықтау әдісін атайды, ол үшін бір нүктеден екінші нүктеге көлбеулік бұрышын немесе зениттік арақашықтығын және алыстығын өлшейді.

Тригонометриялық нивелирлеуді қиын аймақтарда пункт биіктіктерін анықтау мақсатында геометриялық нивелирлеуді жүргізе алмайтын жерлерде жүргізеді.

Өлшеу элементтеріне байланысты тригонометриялық нивелирлеу бір жақты – зениттік арақашықтықты бір жағынан түсірсе және екі жақты – зениттік арақашықтықты екі пункттен түсірілгенін анықтайды.

Бір жақты тригонометриялық жоғарғы дәлдікті нивелирлеу формуласының түрі мынадай:

$$h = s \cdot \text{ctg}Z' + \frac{1-k}{2R} s^2 + i - l, \quad (74)$$

мұнда h - Жер бетіндегі екі нүкте арасындағы биіктік;

Z' - өлшенген зениттік ара қашықтық;

s - пункттер арасындағы арақашықтық;

k - рефракция коэффициенті;

R - Жер радиусы;

i - аспап биіктігі;

l - белгінің биіктігі.

А және В пункттер арасындағы жер бетіндегі екі жақты тригонометриялық жоғарғы дәлдікті нивелирлеу формуласы:

$$h = s \cdot \text{tg} \frac{Z_B - Z_A}{2} + \frac{k_B - k_A}{4R} s^2 + \frac{i_A + l_A}{2} - \frac{i_B + l_B}{2}. \quad (75)$$

Бакылау сұрақтары:

1. ҚР қолданылатын биіктік жүйесі.
2. Жоғарғы дәлдікті нивелирлеу әдістерін ата.
3. Жоғарғы дәлдікті нивелирлеу үшін қандай аспаптар қолданылады?
4. I класс нивелирлеу әдісін айтыңыз.
5. Тригонометриялық нивелирлеу қай кезде қолданылады?

8 СФЕРОИДТІК ГЕОДЕЗИЯ

8.1 Сфероидтік геодезияның түсініктемелері мен анықтамалары

Сфероидтік геодезияда жер эллипсоидының бетінде орналасқан нүктелердің өзара қатынасын анықтау әдістері оқытылады, осы жазықтықтағы геодезиялық есептердің шығару әдістері қарастырылады.

Сфероидтік геодезияға жер эллипсоиды жер бетінен жоғарғы немесе жер шарының бетіндегі кеңістікте орналасқан нүктелердің өзара орналасуын анықтайды. Бұл жағдайда X, Y, Z кеңістік координаталарын қолданады немесе кеңістіктік геодезиялық координаттарды B, L, H қолданады.

Сфероидтік геодезияда геодезиялық координаттар жүйесімен қатар жазықтық координат жүйелері оқытылады, оны білу үшін жазықтықтағы эллипсоид бетінің картографиялық көрінісін қолданады. Жазықтық координат жүйесіне көшу - топографиялық карталарды жасауда геодезиялық пункттерді қолдануды жеңілдетеді және жер бетінің кіші аймақтарында тәжірибелік есептердің шешуіне әсерін тигізеді. Осыған байланысты сфероидтік геодезияда жер эллипсоидының геометриясы оқытылады және оның сферадағы және жазықтықтағы элементтері мен беттерінің көріну әдісі қарастырылады. Сфероидтік геодезияда жер бетіндегі нүктелердің өзара орналасуын және жер бетіндегі кеңістікті анықтауының геометриялық әдісін оқытады.

Жер эллипсоидының негізгі параметрлері.

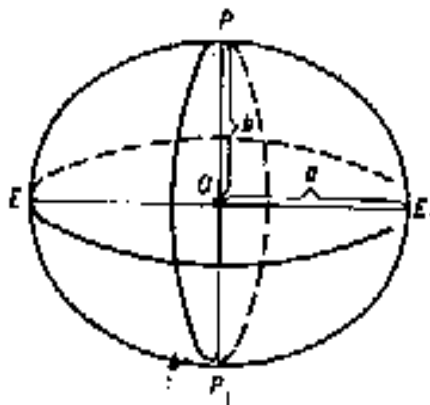
Сфероидтік геодезия есептерін шығарғанда бет қатынасы болып айналу эллипсоидын қолданады, ол эллипстің кіші осін айналдыру арқылы пайда болады. Эллипс екі параметрмен беріледі – әр түрлі екі жартылай осьтермен a, b немесе үлкен жартылай осінің ұзындығы a және қысылу коэффициентімен α .

Айналу эллипсоидын қарастырамыз, O нүктесі центрі, PP_1 - айналу осі, $OEAE_1$ - экватор жазықтығы (16 сурет).

a – эллипсоидтың экваторлық немесе үлкен жартылай осі;

$$a = OE = OE_1 = OA.$$

b – эллипсоиддың полярлы немесе кіші жартылай осі



16 сурет – Эллипсоидтың параметрлік айналымы

$$b = OP = OP_1$$

α - эллипсоиддың полярлық қысылуы

$$\alpha = \frac{a-b}{a}. \quad (76)$$

Эллипстің центрінен әр фокусқа дейінгі арақашықтық F_1 және F_2 , тең $\sqrt{a^2 - b^2}$, сызықтық эксцентриситет деп аталады, ал сызықтың эксцентриситетінің үлкен немесе кіші жартылай осіне қатынасын эллипстің эксцентриситеті деп атайды.

e – меридиандық эллипстің бірінші эксцентриситеті:

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}. \quad (77)$$

e' - меридиандық эллипстің екінші эксцентриситеті:

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}. \quad (78)$$

a , b , α параметрлері – негізгі параметрлер, айналу эллипсоиддың анықтайды, басқалары теоретикалық нәтижелерде қолданылады.

Сызықты элементтер – үлкен және кіші жартылай осьтері – эллипс өлшемін, оның пішінін және т.б. анықтайды

Красовский эллипсоидына келесідей мәндер қабылданған:

$$a = 6\,378\,245.0 \text{ м}$$

$$b = 6\,356\,863.019 \text{ м}$$

$$\alpha = 0.00335233$$

$$e = 0.00669342$$

$$e' = 0.00673852$$

ПЗ–90 эллипсоидына: $a = 6378136.0$ м; $\alpha = 1: 298,257839$

8.2 Сферодтық геодезиядағы координаттар жүйесі

Сферодтік геодезияда геодезиялық координаттар жүйесімен қатар жазықтық координаттар жүйесі оқытылады, оны анықтау үшін жазықтықтағы эллипсоид бетінің картографиялық көрінісін қолданады.

ТМД елдерінің және Қазақстан геодезиялық жұмыстарында зоналық, теңбұрышты, көлденең-цилиндрлік Гаусс-Крюгер проекциясы қолданылады. Оны 1825-1830жж Гаусс ойлап тапқан және ол тәжірибеде 1912 ж Крюгер жұмыс формулаларын шығарғаннан кейін қолданылды.

Гаусс –Крюгер проекциясының негізгілері:

- проекция тең бұрышты, оның бұрыштық теңдігі сақталады, яғни фигураны құрайтын шексіз кішкентай бөліктерінің пішіні және т.б. сақталады;

- берілген әр нүктенің сызықтық қисаюы барлық бағыттарға бірдей, яғни көріністің масштабы азимут сызығына тәуелді емес, берілген нүктенің координатына байланысты;

- осьтік меридиан және экватор жазықтықта түзу сызықтармен беріледі;

- көрініс масштабы осьтік меридианның бойында 1-ге тең, яғни осьтік меридианның кескіндерінің өз өлшемдері қисаюсыз түседі. Осьтік меридианнан қашықтаған сайын қисаюы ұлғаяды.

Гаусс-Крюгер проекциясында жер эллипсоиды сфералық екі бұрыштарға бөлінеді, олар зона деп аталады. Жасалынатын карта немесе планның масштабына байланысты келесі зоналар қолданылады:

алты грудусты зона (М 1:100 000 және одан кіші);

- үш грудусты зона (М 1:1000 –1:5000);

- бір жарым градусты зона (М 1:500 одан үлкен);

жергілікті зона, инженерлік геодезиялық тораптарды өңдеу үшін.

Жазықтықтағы әр зонаның көрінісі бірдей, ол жазықтық координаттарының бірдей екендігін анықтайды және әр зонада, зонадан зонаға ауысқанда бір формуланы қолдануын қамтамасыз етеді.

Тік бұрышты координаттар x, y зона аймағында экватор және осьтік меридианға қатысты есептеледі. Олар түзу сызықтармен беріледі.

Осьтік меридиан x осі деп алынады, y экватор сызығымен қабаттасады.

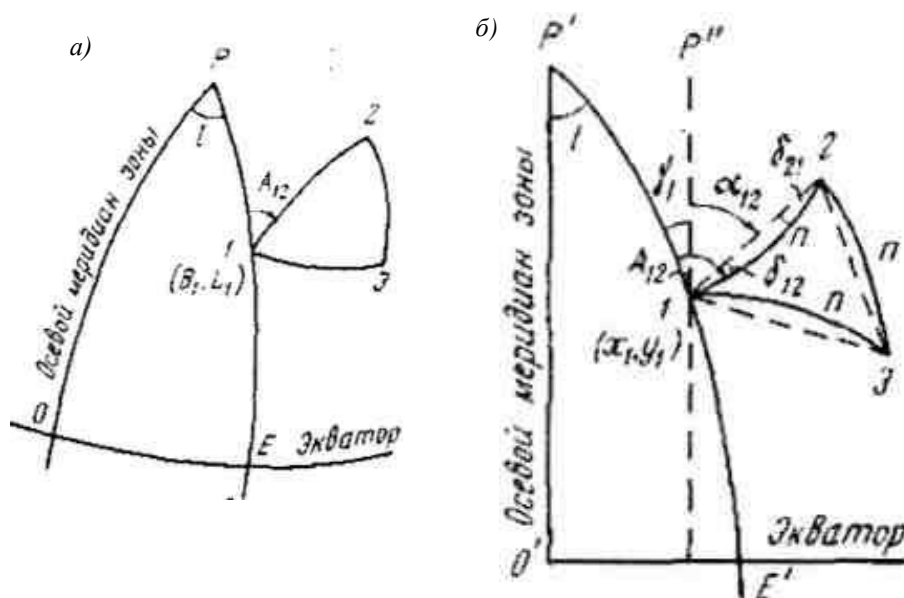
ҚР және ТМД-да абсциссалар оң болады; ордината шығысқа қарай оң, ал батысқа қарай осьтік меридианда теріс болады. Ординатаның теріс

мәндері болмау үшін, осьтік меридиан нүктелеріне шартты түрде $y=500\ 000$ м деген мән беріледі, алдында қатысты зонаның нөмірі жазылады.

Алты градусты зонаның осьтік меридианы карта парақтарының 1:1 000 000 масштабты центрлік меридиандарына сәйкестеледі.

Эллипсоидтан жазықтыққа көшудің жалпы тәртібі триангуляция үшбұрышының редуцирлеу мысалында қарастырылады.

Жер эллипсоидының бетіндегі барлық сызықтары, осьтік меридиан мен экватордан басқа қисық сызықтармен беріледі. Эллипсоидта түсірілген 1,2,3 төбелері бар үшбұрыш қабырғалары жазықтықта қисықтармен беріледі (17 сурет).



17-сурет. Үшбұрышты триангуляцияның берілуі:
 а) эллипсоид бетінде; б) жазықтықта.

Келесідей белгілейік: OP - зонаның осьтік меридиандары, L_0 - бойлығы; $E1P$ - 1 нүктесінің геодезиялық меридианы, геодезиялық координаттары B_1, L_1 бар, $l = L_1 - L_0 - 1$ нүктесінің бойлығы осьтік меридианына қатысты; A_{12} - 1-2 бағытының геодезиялық азимуты.

Дәл осы сызықтардың және үшбұрыштың конформды бейнесі суретте берілген.

$O'P'$ - зонаның осьтік меридианы; $E'1P'$ - 1 нүктесінің геодезиялық меридианы, жазықтық тікбұрышты координаттары - x_1, y_1 ; α_{12} - s_{12} -хорданың дирекциондық бұрышы, үшбұрыштың арасын 1 және 2 нүктелер жалғастырады; $P''1$ - сызық, 1 нүктесі арқылы өтетін осьтік меридианға параллель; γ_1 - 1 нүктесіндегі меридиандардың Гаусстық жақындасуы. Жазықтықта сфероидтық үшбұрыш қисық сызықты үшбұрыш болып, доғаланып салынады. Бұл үшбұрышты есептеу үшін, оны тік сызықты

үшбұрышқа айналдырады, доғалардың шеттерін хордамен жалғастырады. Ол үшін әр бағытқа δ_{ik} - түзету енгізіледі. Одан басқа тағы формулалар қолдану арқылы қажетті x, y 1 бастапқы пункті, жазықтық координаттары B_1L_1 бойынша есептейді.

Үшбұрыштың басқа биіктіктерін, x, y координаттарын есептеу үшін α_{ik} - дирекциондық бұрышын және s_{ik} қабырғалар ұзындығын жазықтықта анықтау керек. Дирекциондық бұрыштың α_{12} бастапқы қабырғасын есептеу үшін γ_1 және δ_{12} меридиандардың Гаусстық жақындасуын білу керек. Дирекциондық бұрышты келесі формуламен шығару керек:

$$\alpha_{ik} = A_{ik} - \gamma_i + \delta_{ik}. \quad (79)$$

Гаусс-Крюгер проекциясындағы триангуляцияны өңдеу тәртібі:

- 1) B_1L_1 геодезиялық координаттар арқылы бастапқы пункттің жазықтық тікбұрышты координаттарын шешу.
- 2) бастапқы қабырғаның дирекциондық бұрышы келесідей анықталады.

$$\alpha_{ik} = A_{ik} - \gamma_i. \quad (80)$$

- 3) бастапқы қабырғасы және өлшенген бұрыш арқылы үшбұрыштың есебін шығарады, сонымен бірге үшбұрыштың төбелерінің жақындатылған координаттарын есептейді немесе графикалық түрде 0,1км дәлдікпен анықтайды;
- 4) түзетулердің Δs бастапқы қабырғаларына жақындатылған мәндерін және δ_{ik} - әр өлшенген бағытта келесі формуламен есептейді

$$\begin{aligned} \Delta s &= 0.123 y_m^2 S; \\ \delta_{ik} &= 0,00253 y_m \Delta x, \end{aligned} \quad (81)$$

мұндағы $y_m = (y_i + y_k) / 2$; $\Delta x = x_k - x_i$;

- 5) формула бойынша қайтадан дирекциондық бұрышты есептеп және пункттердің координаттарын анықтайды, осыдан кейін берілген қабырғалар ұзындығының түзетуін және өлшенген бағыттарды қорытындылап есептейді.

Гаусс-Крюгер проекциясындағы негізгі формулалар эллипсоидтың B, L геодезиялық координаттарын және x, y координаттарының тік бұрышты проекция жазықтығының арасындағы арақатынасты орнатады.

Есептеу f_1 және f_2 функцияларын (82) теңдіктен анықтағанда қорытындыланады:

$$\begin{aligned}x &= f_1(B, L) \\ y &= f_2(B, L)\end{aligned}\quad (82)$$

Берілген Гаусс-Крюгер проекциясының шарты бойынша:

- 1) x осі болып қабылданатын остік меридиан жазықтықта түзу сызық болып бейнеленеді, сондықтан $l = 0$ және $y = 0$ тең;
- 2) остік меридиандағы барлық нүктелер үшін x абсциссасын экватордан берілген ендік нүктесіне дейінгі x меридиан доғасына тең, сондықтан

$$x = f_1(l = 0) = X. \quad (83)$$

B, L геодезиялық координаттардан x, y тікбұрышты координаттарға көшу үшін f_1 функция түрін орнату керек және осы немесе басқа есептеу әдістерді қолдана отырып айналдыруға болады.

Гаусс-Крюгер проекция жазықтығындағы эллипсоидтағы нүктелердің бейнесін анықтайтын заңның негізгі теңдеулері мына түрде болады:

$$\begin{aligned}x &= X - \frac{l^2}{2} \frac{d^2 X}{dq^2} + \frac{l^4}{24} \frac{d^4 X}{dq^4} - \frac{l^6}{720} \frac{d^6 X}{dq^6} \dots; \\ y &= l \frac{dx}{dq} - \frac{l^3}{6} \frac{d^3 X}{dq^3} + \frac{l^5}{120} \frac{d^5 X}{dq^5} \dots\end{aligned}\quad (84)$$

8.3 Әртүрлі эллипсоидтағы координаттар жүйесінің параметрлерге қатынасын орнату

Мемлекеттік геодезиялық координат жүйесін жер беті қатынасын есептеу үшін референц-эллипсоид қолданылады. Мұндай жер бетінде координаттар есебінде қисық сызықты координаттар қолданылады, олар ендік пен бойлық координаттар басы экватор және Гринвич меридианында қиылысатын нүктеде анықталады, шындығында координаттар есеп беруі үшін қосалқы әдісі қолданылады. Жер бетіндегі кейбір нүктелер (бас пункт деп аталатын) ендік және бойлық мәнімен фиксирленеді. Референц-эллипсоид үстінде нормальды және берілген нүктеде отвес сызығын беттестіру жүргізіледі, ал берілген пункттегі меридиан жазықтығы Жердің айналу осіне параллель орнатылады. Бұл берілгендер – геодезиялық даталар, олар геодезиялық координаттар жүйесін Жерге қатысты денелерге қатаң фиксирлейді. Красовский эллипсоиды үшін мұндай нүкте Пулковода берілген (обсерваториядағы дөңгелек залдың ортасы) және осымен 1942

жылы координаттар жүйесі беріледі (СК-42). СК-42–де Балтық биіктік жүйесі қолданылады, онда есеп алу квазигеоид бетінен алынады және $Z=0$ Кронштадт футштоктағы нөлдік белгісіне сәйкес келеді.

Геодезиялық тораптарды құрғанда немесе оларды жаңартқанда жаңа Жер серіктік тораптарының есептеулері туындайды. ҚР жер үсті тораптары Красовскийдің эллипсоиды бетінде өңделеді. Техниканың жаңа өлшеуі бәрінен бұрын қос жер шары эллипсоидының WGS–84 (World Geodetic System 1984) жүйесімен байланыстырылады. Осыдан бір эллипсоид координат жүйесінен екінші эллипсоид координат жүйесіне өту есебі туындайды.

Эллипсоидты координаттардан үш өлшемді тікбұрышты координаттар жүйесі эллипсоид орталығының басынан есеп алуға көшу оңай орындалады (координаттар жүйесінің геоорталығы). Геодезиялық координаттар B, L, H кеңістігі координаттар жүйесінен референц-эллипсоидқа байланысты айналдыру келесі формуламен орындалады

$$\begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \cdot \cos L; \\ Y &= (N + H) \cos B \cdot \sin L; \\ Z &= [N \cdot (1 - e^2)] \sin B, \end{aligned} \quad (85)$$

мұнда $N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}$ - бірінші тік радиус қисығы; a - эллипсоидтың

үлкен жарты осі; e - меридиан эллипсінің бірінші эксцентриситеті.

Бір эллипсоидтан екінші эллипсоидқа өту осы эллипсоидтардың геоорталық координаттарымен анықталады. Жалпы жағдайда мұндай байланыс жеті параметр байланысымен беріледі - әр ось бойында координаттар басын қозғалту (үш сызықты параметр) арқылы, әр ось айналасында бұрылу арқылы (үш бұрышты параметр) және бір масштабты коэффициентін анықтау арқылы. Жалпы бұл айналдырулар Хельмерт (Гельмерт) формулалары бойынша орындалады:

$$\begin{aligned} X_{\text{жалпыжер}} &= X + X\Delta m + \varepsilon_z Y - \varepsilon_y Z + x; \\ Y_{\text{жалпыжер}} &= Y + Y\Delta m + \varepsilon_x Z - \varepsilon_z X + y; \\ Z_{\text{жалпыжер}} &= Z + Z\Delta m + \varepsilon_y X - \varepsilon_x Y + z, \end{aligned} \quad (86)$$

мұнда X, Y, Z - референц-эллипсоид жүйесіндегі координаттар; $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ - референц координат жүйесіндегі осьтер айналасындағы кіші бұрылу бұрыштары, индекстерге сәйкес келеді, ол жалпы жер шары жүйесіне ауысқанда болады. Бұл бұрыштар ориентирленген референц координат

жүйесінде абсолютті бұрыш элементі болып табылады және Эйлер бұрышы деп аталады. $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ элементтері референц жүйесіндегі полярлық ось бағытының жалпы Жер шарынан айырмашылығын көрсетеді. Үшінші элемент – референц және жалпы Жер шары жүйесінде бойлық есебінің басының айырмашылығын көрсетеді.

Δm - референц жүйесінен жалпы жершары жүйесіне өтудегі масштабтық түзету.

Локальды геодезиялық тораптарды өңдеу кезіндегі координаттар жүйесін таңдаудағы жалпы мағлұматтар. Жергілікті координаттар жүйесі.

Бұл жағдайлар қатарынан ең ыңғайлысы – жергілікті координаттар жүйесін және локальды жер беті қатысын қолдану. Жер беті қатысы ретінде референц-эллипсоидын қолдану қолайсыз, онда жазықтықты немесе анықталған радиус сферасын, тор шегіндегі референц-эллипсоидының орта радиус қисығына тең. Барлық өлшеулер нәтижесін осы жер беті сферасында редуцирлейді. Берілгендер ретінде жақындатылмаған координаттардың белгілі кез келген пункт тораптарын таңдайды.

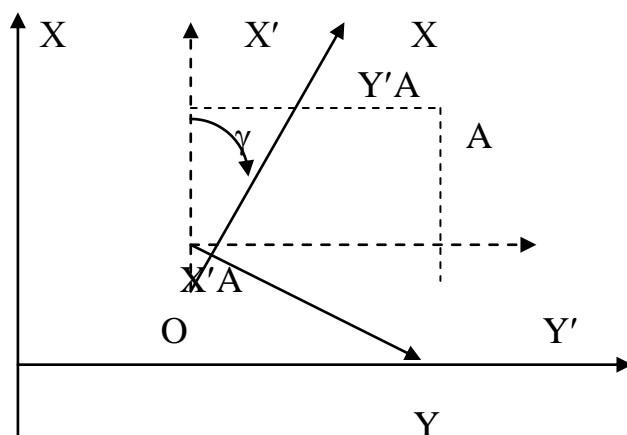
Жиілету тораптарын жергілікті координаттар жүйесінде теңестіру шарты үшін барлық МГТ пункттерінің берілген координаттарын жергілікті координаттар жүйесіне қалалық жер бетінің қатыстық есептеріне айналдырады.

1942 ж. жүйеден пункт координаттарын жергілікті және керісінше айналдыру үшін келесі параметрлері белгілі болу керек:

- 1942 ж. жүйедегі X_0, Y_0 пунктін бастапқы координаттарының мәні;
- жергілікті координаттар жүйесінде x_0, y_0 пунктін бастапқы координаттар мәні;
- γ жергілікті жүйедегі бұрылу бұрышы 1942 ж. бас пункт жүйесіне қатысты;
- жергілікті жер координат жүйесінің m масштабы 1942 ж. қатысты;
- Жер беті қатыстылығының мәні (H_0), оған өлшеулер енгізілген: әдетте бұл теңіз деңгейі $H_0 = 0$ немесе қаланың орта деңгейі $H_0 = H_{\text{сop.}}$;
- Жергілікті жер жүйесінің L_0 осьтік меридиан бойлығы;
- Жергілікті жер жүйесінің қабылданған референц-эллипсоиды;
- Қабылданған биіктік жүйесі Балтық немесе жергілікті жер, сондай-ақ бір жүйеден екінші жүйеге өтудегі формулалар айналымы.

Жергілікті жер координаттар жүйесінің бұрылу бұрышын есептеу. Бұрылу бұрыштарының мәні жергілікті жер осьтік меридианының бұрылу

бұрышы болып табылады, ол сағат тілі бойынша Гаусс-Крюгер зонасында 6° осьтік меридианымен есептеледі (18 сурет).



18 сурет – Жергілікті жүйеден СК-42 жүйесіне өту параметрлері.

Кейбір жергілікті жүйе параметрлері болмағанда оларды қосалқы жолмен 1942ж. Жердегі жаңа торларды теңестірумен және жергілікті координаттар жүйесін ескі торлармен салыстырудағы нәтижелері бойынша анықталады.

Егер бұрылу бұрышы берілмесе, оны 1942ж. жүйесіндегі қабырғалардың дирекциондық бұрыштарын және жергілікті координаттар жүйесінің айрмашылығы ретінде анықтайды

$$\gamma_i = (\alpha_{ki} - \delta_{ki})_{42} - (\alpha_{ki} - \delta_{ki})_{\text{мск}}, \quad (87)$$

мұнда α_{ki} - 1942 ж жүйесіндегі ki қабырғаларының дирекциондық бұрышы;

α'_{ki} - жергілікті жүйедегі ki қабырғаларының дирекциондық бұрышы;

$\delta_{ki}, \delta'_{ki}$ - 1942 ж жүйесіндегі және жергілікті координаттар жүйесіндегі геодезиялық сызықтың қисықтық түзету көрінісі.

1942ж. жүйесіндегі берілмеген бас пункт координаттар мәні X_0, Y_0 геодезиялық торапты теңестіргеннен кейін 1942 жылғы жүйеден алды.

Жергілікті координаттар жүйесінің масштабын анықтау.

Егер жергілікті координаттар жүйесінің масштабы берілмесе, оны қосалқы формула бойынша анықтайды.

$$m_i = \frac{(S'_{ki})_{мск}}{(S_{ki})_{42}}. \quad (88)$$

мұнда $(S'_{ki})_{мск}$, $(S_{ki})_{42}$ - қабырғалар ұзындығы, 1942 ж. жүйесінде және жергілікті пункттерге сәйкес координаттар бойынша есептелінген.

γ және m анықтау үшін бір қабырғаны қолданады, сәйкес келген пункттердің координаттары бойынша есептелген, қалада біртегіс болып орналасқан (ауылдық жерде арақашықтығы 2 км-ден аспайды).

γ және m 0.1" дәлдікте және 0.001 м дәлдіктегі координаттар бойынша есептеледі. Қорытынды мән 1"-2" аспауы керек, ал m үтірден кейін бесінші мәннен 1-2 бірліктен көп болмауы керек.

Координаттарды жүйеден жүйеге ауыстырудағы формулалар.

Қала ауданына және оның осьтік меридианнан алшақтауына байланысты, 1942 ж жүйеден координаттарды жергілікті жүйеге айналдыру және қайта толық және толық емес формулалармен орындалуы мүмкін.

Кіші қалалар және қала типтес поселкелер торлары үшін МГТ-ның мәндеріне сүйенетін, олардың $|Y_{\max}^{42}| - |Y_{\min}^{42}| \leq 40 \text{ км}, |Y_{\max}^{42}| \leq 35 \text{ км},$ айналдырылған толық емес формуласын қолдануға болады.

1942 ж. жүйесіндегі координаттарды жергілікті толық емес формулаларға ауыстыру:

$$\begin{aligned} x_m &= \Delta X^{42} m \cos \gamma + \Delta Y^{42} m \sin \gamma + x_0, \\ y_m &= \Delta Y^{42} m \cos \gamma - \Delta X^{42} m \sin \gamma + y_0, \end{aligned} \quad (89)$$

мұнда $\Delta X^{42} = X^{42} - X_0^{42}; \Delta Y^{42} = Y^{42} - Y_0^{42}$, мұнда X_0^{42}, Y_0^{42} - 1942 ж жүйесіндегі бас пункт координаттары;

m - масштаб;

γ - МСК бұрылу бұрышы;

x_0, y_0 - жергілікті координаттар жүйесіндегі бас пункт координаттары.

Толық емес формула бойынша жергілікті координаттар жүйесінен 1942 ж. жүйеге ауыстыру:

$$\begin{aligned} X_{42} &= X_0^{42} + \Delta x_m \frac{1}{m} \cos \gamma - \Delta y_m \frac{1}{m} \sin \gamma \\ Y_{42} &= Y_0^{42} + \Delta y_m \frac{1}{m} \cos \gamma + \Delta x_m \frac{1}{m} \sin \gamma, \end{aligned} \quad (90)$$

мұндағы $\Delta x_m = x_m - x_0;$
 $\Delta y_m = y_m - y_0$

8.4 Эллипсоид бетінде бас геодезиялық есептеулерді шешу

Эллипсоид үстіндегі әрбір нүктеге нормаль орнатуға болады. Осы нормаль арқылы әртүрлі бағыттарға сан жетпес көп жазықтық жүргізуге болады. Әрбір нормаль жазықтық эллипсоид бетін қисық сызық бойынша қияды, ол нормальды қиылысуы деп аталады. Әрбір нормальды қиылысудың өз қисықтығы болады. Олардың ішінен екі нормальды қиылысуды көрсетуге болады, оның бірінде ең үлкен қисық бар, басқасында ең кіші қисық бар. Бұл екі қиылысу бас нормальды қиылысу деп, ал олардың қисықтық радиусы – бас радиус қисықтығы деп аталады.

Минималды қисық радиусы бар, бас нормальды қиылысудың меридионалды қиылысу болады, ол эллипсоид бетінен және оның екі полюсінен бір нүкте арқылы өтеді. Оның радиус қисықтығы M -мен белгіленеді.

Екінші бас нормаль қиылысуы болып, меридианға перпендикуляр қиылысу болады. Бұл қиылысу – бірінші вертикал деп аталады. Бірінші – вертикалдың радиус қисықтығы N -мен белгіленеді.

Меридианның радиус қисықтығы және бірінші вертикал келесі формуламен есептеледі:

$$M = \frac{a(1-e^2)}{\sqrt{(1-e^2 \sin^2 B)^3}}; \quad (91)$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}}. \quad (92)$$

Эллипсоид үстіндегі барлық нүктелерде болады, бірақ $N > M$ полюсінде болмайды.

Экваторда ($B = 0^\circ$) бұдан $M = a(1-e^2)$, $N = a$, онда полюсте ($B = 90^\circ$) болғанда, $M = N = c$. Полюсте барлық нормальдық қиылысулар меридиан түрінде болады. Осыған байланысты c полярлық радиустың қисықтығы деп аталады.

$$c = \frac{a}{\sqrt{1-e^2}}. \quad (93)$$

Геодезияда, картографияда және топографияда практикалық есептерді шешкенде, сондай-ақ инженерлі есептеулерде орта қисық радиусы R қолданылады, ол берілген нүктеде орташа геометриялық бас қисық радиусқа тең:

$$R = \sqrt{MN}. \quad (94)$$

Бас радиус қисықтығы M және N сфероидальқ геодезияның негізгі элементтері болады, яғни оларсыз эллипсоид элементтерін есептеу мүмкін

емес. М бойынша меридиан доғасының ұзындығын, ал N бойынша параллель доғасының ұзындығын, бойлық айырмашылығын, азимуттарды және меридиандардың жақындастығын есептейді.

Меридиан доғасының ұзындығын есептеу.

SM меридиан доғасының ұзындығы B_1 және B_2 ендік нүктелері арасында эллиптикалық интеграл шешімін де анықталады, ол мына түрде болады

$$S_M = \int_{B_1}^{B_2} M dB, \quad (95)$$

мұнда dB – доға бойынан геодезиялық ендіктің қосымша өсірілуі;

M – меридиан радиус қисығының есептелетін доға бойының мәні.

Доға ұзындығы 1000 км болса, SM есептеуін келесі формуламен орындайды:

$$S_M = \frac{(B_2 - B_1)''}{\rho''} (M_1 + M_{cp.} + M_2), \quad (96)$$

мұндағы B_1 және B_2 – меридиан соңының ендігі;

M_1 , M_2 және $M_{cp.}$ – ендіктегі нүктелердің меридианының радиус қисығының мәні: B_1 , B_2 және $B_{орта.} = (B_1 + B_2)/2$.

Параллельдер доғасының ұзындығын есептеу.

Параллельдердің доға ұзындығы айналымның бөлік, ұзындығы болып табылады сондықтан ол берілген параллельдің бойлық арақашықтықтағы доға нүктелерінің радиус туындысы болады

$$r = N \cos B; \quad S_n = \frac{l''}{\rho''} N \cos B = \frac{l'' \cos B}{(2)}, \quad l'' = (L_2 - L_1)''. \quad (97)$$

Бақылау үшін параллельдер доға ұзындығын есептегенде Y_2, Y_1 , доға ұзындығының айырмашылығы деп анықтау керек ол меридианнан $L1 = 30''$ бойлықта есептеледі

$$S_n = Y_2 - Y_1; \quad (98)$$

немесе кестені формула бойынша қолданады:

$$S_n = b_1 l'', \quad (99)$$

мұнда $-b_1$ секундтық параллель доға ұзындығының мәні, B ендік мәні бойынша кестеден алынады - 10^{-4} есе үлкейтілген, сондықтан 10^{-4} есе кішірейту керек.

Меридиан ұзындығы 1° -та метрлік өлшеммен Қазақстанның орта ендігінде 111 км тең, доғаның $1''$ -ді -31м, параллельдің $1''$ ді – 20м.

Трапеция алаңының түсірісін және олардың өлшемін есептеу.

Жер шары эллипсоид бетінде карта парағы немесе түсіріс трапециясы меридиандар сызығымен және параллелдермен шектеледі. Бұл сызықтар трапеция қабырғалары болып келеді, сондықтан трапеция қабырғаларының шын өлшемі меридиан мен параллельдің доға ұзындығының формулалары бойынша есептеледі.

Трапецияның солтүстік және оңтүстік рамкалары a_1 және a_2 , B_1 және B_2 , ендікті параллель доғалары болады, ол шығыс және батыс рамкалары – c меридиан доғасы, d - трапецияның диагонали болады.

Трапецияның нақты өлшемін алу үшін жоғарыда айтылған доғаларды масштабтың бөліміне бөліп m және 100-ге көбейту керек, сантиметрмен алу үшін:

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{100}{m} \frac{N_1}{\rho''} \text{Cos}B_1 l'' = \frac{100}{m} l'' \frac{\text{Cos}B_1}{(2)}; \\ a_2 &= \frac{100}{m} \frac{N_2}{\rho''} \text{Cos}B_2 l'' = \frac{100}{m} l'' \frac{\text{Cos}B_2}{(2)}; \\ c &= \frac{100}{m} \frac{M_m}{\rho''} (B_2 - B_1)'' = \frac{100}{m} \frac{\Delta B''}{(1)_m}; \\ d &= \sqrt{a_1 a_2 + c^2}. \end{aligned} \quad (100)$$

Формулалар түсіріс жазықтықта тура болса, трапециясының өлшемін анықтауға мүмкіндік береді,

Теорияда, егер үлкен масштабты (масштаб 1:10000) түсіріс, трапециясы 6 градус зонасында орналасса, онда оның қабырға ұзындығы Гаусс проекциясында бұзылады, ол графикалық дәлдікті жоғарылытады.

Сызықты бұзылу мына формула бойынша анықталады

$$m-1 = \frac{l^2}{2\rho^2} \text{Cos}^2 B_m. \quad (101)$$

1:1000 000 – 1:25 000 масштабты түсірістер 6° зонада, орындалады, одан ірі масштабты түсірулер 3° зонада орындалады.

Түсіріс трапециясының аудан элементі меридиандар және параллельдер доға дифференциалдарының туындысына тең, ол сонымен шектелген

$$dP = MNCosBdBdl. \quad (102)$$

Түсіріс трапеция ауданы мына формуламен анықталады.

$$P = 2Kl^{\circ}(I - II + III), \quad (103)$$

$$K = \frac{\pi b^2}{180^{\circ}} = 705282.85; \quad I = A' \sin \frac{1}{2} \Delta BCosB_m;$$

$$II = B' \sin \frac{3}{2} \Delta BCos3B_m; \quad III = C' \frac{5}{2} \Delta BCos5B_m;$$

$$A' = 1.0033635; \quad B' = 0.0011240;$$

$$C' = 0.0000017.$$

Берілген формула бойынша аудан 0.001 км^2 дәлдікте есептеледі.

Өзара кері нормальды қиылысу.

Эллипсоид айналу бетінен екі А және В нүктелерін алайық, олардың ендіктері – В1 және В2. А және В нүктелерінде эллипсоид бетінен n_a және n_b нормальдарын жүргіземіз. А нүктесінен және жазықтық нормалынан жүргіземіз.

А n_a В және В n_b А нормальды жазықтықтары өзара сәйкес келмейді, өйткені n_a және n_b кеңістікті қиылысу түзуі болып келеді. Олар эллипсоид бетінде қиылысқанда АaВ қисығын береді. Бұдан АaВ қисығы А нүктесі үшін түзу нормальды қиылысуы болады, ал В нүктесі үшін нормальды қиылысу керісінше болады, ВbА қисығы В нүктесі үшін түзу қиылысуы болады, және А нүктесі үшін кері болады. АaВ және ВbА нормальды қиылысулар өзара кері нормальды қиылысулар деп аталады.

Өзара кері нормальды қиылысулардың сәйкес келмеуін екеулік нормальды қиылысу деп аталады. Өзара –кері нормальды қиылысу екеулігі, оларды практикада қолданғанда қиыншылық туғызады. Мысалы, триангуляцияның өлшенген үшбұрыш бұрыштары эллипсоид бетінде нормальды жазықтықтармен жобаланады, осыдан кейін үшбұрыш контуры өзара нормаль қиылысудың екеулігінен тұйықталмаған болады. Бұл анықталмаушылықты болдырмау үшін эллипсоид бетіндегі А және В нүктелерін ерекше қисықтармен қосады, оларды геодезиялық сызық деп аталады.

Геодезиялық сызық эллипсоид бетінде нүктелерді қысқа арақашықтық бойынша қосады. Геодезиялық сызықтың жазықтықтағы аналогы түзу сызық болып келеді.

Эллипсоид айналуындағы геодезиялық сызықтарының кез-келген нүктесінде параллель радиус және геодезиялық сызықтың синус азимуттары жүргізілген–өлшемдері тұрақты.

$$r \sin A = \text{const} = c, \quad (104)$$

мұнда r - параллель радиусы; $r = N \cos B$.

(104)-формула Клеро теңдігі деп аталады.

Эллипсоид бетіндегі геодезиялық сызық (азимуттар 90° немесе 270° жақын емес) өзара кері нормальды қиылысулар арасында бұрышты 1:2 бөледі және осы нүктеде түзу нормальды қиылысуға жақын орналасады.

Егер геодезиялық сызық азимуты $A_2 = 90^\circ$ немесе 180° болса, яғни А және нүктелері бір меридианда жатса, тура және кері нормальды қиылысулар және геодезиялық сызықтар қосылады. 90° және 270° жақын азимуттарда (А және В нүктелері бір параллельде жатады), тура және кері қиылысулар сәйкес келеді.

Геодезиялық сызықтардан жасалған эллипсоид бетіндегі үшбұрыш сфероидтық үшбұрыш деп аталады.

Эллипсоид бетіндегі геодезиялық есептеулерді шешу.

Қабырғалар ұзындығы 2500км аспайтын референц-эллипсоидтағы үшбұрыштарды сфералық деп есептеуге болады, олар радиусы R_0 сфераға жатқызылған, референц-эллипсоидтағы үшбұрыштың орта ендігі B_0 сәйкес келеді.

Сфералық үшбұрышты шешу кезінде үшбұрыш қабырғаларының ұзындығын оларды бұрыштарға ауыстырмай-ақ сызықтық өлшемдермен алуға мүмкіндік беретін екі әдісті қолданады. Мұндай әдістерге Лежандр теоремасы бойынша үшбұрыштарды шешу және аддитивтік әдістері жатады.

Лежандр теоремасы бойынша кіші сфералық үшбұрыштарды шешу.

Егер референц-эллипсоидтағы үшбұрыштардың қабырғалары 250км аспайтын болса, онда мұндай үшбұрышты Лежандр теоремасын – жазық тригонометрия формулаларын қолданып, оларды сфералық үшбұрыштар деп қабылдау арқылы шығаруға болады. 1887ж. Лежандр мынадай теореманы дәлелді:

Егер жазық және сфералық үшбұрыштар қабырғалары өзара тең болса, онда сәйкес келетін жазық үшбұрыш бұрыштары сфералық үшбұрыш бұрыштарына тең, олар сфералық артықшылықтың үштен бір бөлігіне қысқартылған.

Сфералық артықшылық ε деп сфералық үшбұрыш бұрыштарының және жазық үшбұрыштардың қосындысының айырымын айтады

$$\varepsilon = (A + B + C) - 180^\circ \quad (105)$$

Сфералық үшбұрыштарды шешу жазық үшбұрыштарды шешуге әкеледі, сфералық үшбұрыштың бұрыштарын сәйкес келетін $1/3$ сфералық артықшылық түзетуімен жөндейді.

Сфералық артықшылық биіктігі үшбұрыш ауданына және сфера радиусына тәуелді, яғни

$$\varepsilon'' = \frac{P}{R^2} \rho''; \quad (106)$$

мұнда P - үшбұрыш ауданы;

R - сфера радиусы.

Үшбұрыштың сфералық артықшылығы мына формула бойынша есептелінеді:

$$\varepsilon = \frac{bc \sin A_1}{2R^2} \rho'' = \frac{ac \sin B_1}{2R^2} \rho'' = \frac{ab \sin C_1}{2R^2} \rho''. \quad (107)$$

Үшбұрыштың сфералық артықшылығы мына формула бойынша есептелінеді $\frac{\rho}{2R^2} = f$, биіктігін еңгізіп, мынаны аламыз:

$$\varepsilon = fbc \sin A_1 = fac \sin B_1 = fab \sin C_1 \text{ немесе}$$

$$\varepsilon = \frac{fb^2 \sin A_1 \sin C_1}{\sin B_1} = f \frac{a^2 \sin B_1 \sin C_1}{\sin A_1} = f \frac{c^2 \sin A_1 \sin B_1}{\sin C_1} \text{ егер бір қабырға және}$$

үшбұрыштың барлық бұрыштары белгілі болса, сфералық артықшылықты есептегенде қабырғалар км-мен беріледі.

$$A_1 = A - \frac{\varepsilon}{3}; B_1 = B - \frac{\varepsilon}{3}; C_1 = C - \frac{\varepsilon}{3}. \quad (108)$$

A_1, B_2, C_3 бұрыштарды жазық келтірілген бұрыштар деп аталады, f мәні ТМД территориясында 0,00253 тұрақтылыққа тең.

Келтірілген бұрыштарды алып, әрі қарай үшбұрыштарды жазық ретінде синустар теоремасы бойынша есептейді.

Осы жағдайда, сфералық үшбұрышты Лежандр теоремасын қолданып, келесі операциялармен есептейді.

1) формулалар бойынша үшбұрыштардың сфералық артықшылығын есептейді;

2) жазық үшбұрыштың келіспеушілігін есептейді

$$w = (A + B + C) - \varepsilon - 180^\circ \quad (109)$$

және оны шекті келіспеушілікпен салыстырады:

$$w_{\text{дон}} = 2.5m_{\beta} \sqrt{3}. \quad (110)$$

3) егер үшбұрыштан шыққан келіспеушілік (109) шартты орындаса, онда бақылау нәтижелері сапалы. Бұл жағдайда алынған келіспеушілік әр үшбұрыштың бұрыштарына тең етіп бөлінеді, одан теңестірілген үшбұрыштың сфералық бұрыштары алынады:

$$A = A_{\text{изм}} - \frac{w}{3}, B = B_{\text{изм}} - \frac{w}{3}, C = C_{\text{изм}} - \frac{w}{3}. \quad (111)$$

4) жазық үшбұрыштың бұрыштарын есептейміз:

$$A_1 = A - \frac{\varepsilon}{3}, B_1 = B - \frac{\varepsilon}{3}, C_1 = C - \frac{\varepsilon}{3}. \quad (112)$$

5) бастапқы сфералық қабырғаны және жазық үшбұрыш бұрыштарын қолдана отырып, үшбұрыштарды синус теоремасымен жазық тригонометрия формулалары бойынша есептейді. Егер SAB берілген қабырғалар болса, онда

$$S'_{BC} = S_{AB} \frac{\sin A_1}{\sin C_1}, S'_{AC} = S_{AB} \frac{\sin B_1}{\sin C_1} \quad (113)$$

Аддитамент әдісімен сфералық үшбұрыштарды шешу

Егер сфералық үшбұрыш қабырғалары 100км аспаса, онда оларды жазық тригонометрияда теңестірілген сфералық бұрыштарды және берілген сфералық қабырғаларды қолдана отырып есептеу мүмкіндігі туындайды, ол жазықтыққа аддитаменттің кіші түзетуі арқылы келтірілген.

Бұл әдісті 1820 ж неміс ғалымы Зельднер ұсынған.

Сфералық тригонометрия формулалары үшбұрыштар қабырғаларының берілген қабырғалары және өлшенген бұрыштар үшін есептеледі:

$$\sin \frac{a}{R} / \sin A = \sin \frac{b}{R} / \sin B = \sin \frac{c}{R} / \sin C. \quad (114)$$

a қабырғасы белгілі және базисті қабырға болады. Үшбұрышты шеше отырып, b қабырғасын анықтаймыз.

$$\sin \frac{b}{R} = \frac{\sin \frac{a}{R} \sin B}{\sin A} \quad (115)$$

Sin -ты бір қатарға орнатып және екі мүшемен қатыстырып орналыстырғаннан мынаны аламыз:

$$\frac{b}{R} \left(1 - \frac{b^3}{6R^2} \right) = \frac{1}{R} \left(a - \frac{a^3}{6R^2} \right) \frac{\text{Sin}B}{\text{Sin}A} \quad (116)$$

Белгілеулер енгіземіз:

$$A_a = \frac{a^3}{6R^2}, A_b = \frac{b^3}{6R^2}, A_c = \frac{c^3}{6R^2}. \quad A \text{ биіктігі қабырға аддитаменті деп аталады.}$$

Жазық үшбұрыш қабырғалары былай анықталады:

$$\begin{aligned} b' &= b - A_b; \\ a' &= a - A_a; \quad b' = \frac{a' \text{Sin}B}{\text{Sin}A}, c' = \frac{a' \text{Sin}C}{\text{Sin}A} \\ c' &= c - A_c. \end{aligned} \quad (117)$$

Сфералық үшбұрыш қабырғалары:

$$\begin{aligned} b &= b' + A_b, \\ c &= c' + A_c \end{aligned} \quad (118)$$

Бақылау үшін мынаны анықтаймыз:

$$a = a' + A_a$$

Аддитамент әдісі бойынша сфералық үшбұрыштарды шешу үшін келесі операцияларды орындаймыз:

1) үшбұрыш қабырғасындағы a берілгенге қабылдап, осы A_a қабырғасының аддитаментін есептеп және бастапқы қабырғаны белгілі бір көмекші бетіне келтіріп оны алып тастау;

2) келтірілген бастапқы қабырғалар мен сфералық бұрыштар арқылы үшбұрыштың қалған қабырғалары есептеледі. Алдын ала үшбұрыш келіспеушілігін әр бұрышқа теңдеп бөлінеді.

3) әр келтірілген қабырға үшін аддитамент есептеледі, оны келтірілген қабырғалары арқылы аламыз.

Үшбұрыштар қабырғалары 100 км болса, аддитамент мына формулалармен есептеледі:

$$A_a = ka^3, A_b = kb^3, A_c = kc^3, \quad (119)$$

мұнда $k = \frac{1}{6R^2} = 409 \times 10^{-8}$, қабырғалар км-де алынады.

Лежандр әдісі және аддитивент әдістері кіші сфералық үшбұрыштарды шешкенде өте тиімді болып табылады. Берілген әдістерде сфералық үшбұрыштар жазық тригонометрияны алдын ала айналдырумен немесе сфералық бұрыштарды, сфералық үшбұрыш қабырғаларын шешіп есептегенде орындалады.

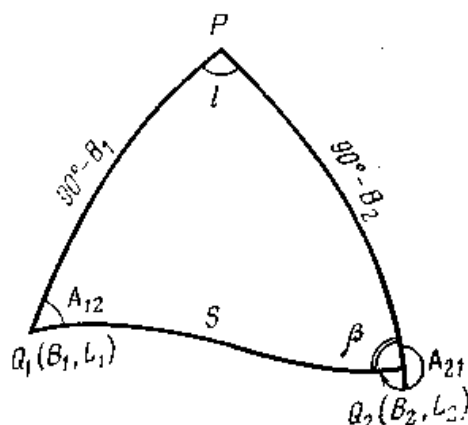
Бакылау үшін сфералық үшбұрыштарды шешу көрсетілген екі әдіспен есептеледі.

Бас геодезиялық есептерді жазықтықта шешу

Координат нүктелерін басқа белгілі координаттар нүктелерімен және өлшенгендермен немесе берілген бұрышты және сызықтық биіктігін анықтау бас геодезиялық есеп деп аталады.

Бас геодезиялық есеп екі есеп ретінде қарастырылады: тура және кері.

Эллипсоид бетіндегі тура геодезиялық есеп мынадан тұрады: онда белгілі бас координаттардың бас нүктелері B_1, L_1 , тура азимут A_{12} және Q_1 мен Q_2 нүктелері арасындағы арақашықтық соңғы нүктенің B_2, L_2 координаттарын және кері азимутты A_{21} анықтайды (19 сурет).



19-сурет. Полярлық үшбұрыш.

Кері геодезиялық есептің қорытындысы, бастапқы және соңғы координаттардың нүктелері B_1, L_1, B_2, L_2 , S арақашықтығы, оның арасынан A_{12} және A_{21} азимуттарын анықтау болып табылады.

Жалпы жағдайда бас геодезиялық есептерді шешу PAB үшбұрыш полярлық элементтерін есептеуге әкеледі, мұнда P – эллипсоид полюсі, A және B – геодезиялық пункттер. Сфералық үшбұрышты шешу үшін онда кез келген үш элемент белгілі болу керек.

Тура геодезиялық есепті шешкенде мына элементтер белгілі болып есептеледі:

$P\tilde{A} = 90^\circ - B_1$, $A\tilde{B} = S_{AB}$ және сфералық бұрыш.

$\angle PAB = A_{AB}$ - геодезиялық сызықтың AB тура азимуты.

Мынаны анықтау өте қажет:

$P\check{B} = 90^0 - B_2$ және $\angle PBA = A_{21}$ - геодезиялық сызықтың кері азимуты AB ,
 $\angle APB = L_2 - L_1$ - пункт бойлығының айырмашылығы.

Кері геодезиялық есептерді шешкенде мыналар белгілі болып есептеледі: $A\check{P} = 90^0 - B_1$, $B\check{P} = 90^0 - B_2$ және сфералық $\angle APB = L_1 - L_2$. Мынаны табу керек: $A\check{B} = S_{AB}$ - пункт арасындағы арақашықтық, $\angle PAB = A_{12}$ - геодезиялық сызықтың тура азимуты AB және $\angle PBA = A_{21}$ - геодезиялық сызықтың кері азимуты.

Тура және кері геодезиялық есептерді шешу тура және жанама әдістермен орындалады.

Тура әдіспен шешу PAB сфералық үшбұрышты шешкендегі белгілі екі қабырға және олардың арасындағы бұрыш бойынша орындалады.

Басты геодезиялық есептердегі тура жолмен шешуде көмекші сферада қолдануға негізделген әдістер жиі қолданылады.

Үшбұрыштарды $AB \leq 600$ км болатын қабырғаларымен шешкенде кіші көмекші ABC геодезиялық координаттардың айырмашылығын есептеудегі жеңілдетілген формулалар бойынша есептеу мүмкіндігі туады. Мұндай шешу жолы жанама деп аталады.

Тура геодезиялық есепті жанама әдіспен шешу эллипсоид бетінде Рунге-Кутта-Ингланд әдісі бойынша 300км арақашықтықта қолдану ыңғайлы. Орта еңдікте ол координаттарды 10-15см аспайды және азимуттар 0,003 қателікпен анықтауға мүмкіндік береді. Бұл – бірінші ретті дифференциалды интегралдық санаулы әдісі. Рунге-Кутта-Ингланд әдісінің бағдарламасы ыңғайлы болғандықтан ЭЕМ байланысында кең таралған.

Анықталатын пункттегі геодезиялық координаттар және кері азимут келесі формулалармен есептеледі:

$$B_2 = B_1 + \frac{1}{6}(\Delta B_1 + 4\Delta B_3 + \Delta B_4); L_2 = L_1 + \frac{1}{6}(\Delta L_1 + 4\Delta L_3 + \Delta L_4); A_2 = A_1 + \frac{1}{6}(\Delta A_1 + 4\Delta A_3) + \Delta A_4 \quad (120)$$

мұнда

$$\Delta B_i = S_0 V_i^3 \cos \alpha_i; \quad \Delta L_i = S_0 V_i \frac{\sin \alpha_i}{\cos \varphi_i}; \quad S_0 = \frac{S}{C} \rho'' = 0,0322304 \cdot S$$

$$V_i = \frac{1 + 0,75e'^2 \cos \varphi_i}{1 + 0,25e'^2 \cos \varphi_i}. \quad e'^2 = 0,00673852$$

α_i және φ_i мәнін i нөмірінің жақындығынан анықталады (8 кесте).

8-кесте. Жақындату кестесі.

i	α	φ
1	A_1	B_1
2	$A_1 + 0,5\Delta A_1$	$B_1 + 0,5\Delta B_1$

3	$A_1 + 0,25(\Delta A_1 + \Delta A_2)$	$B_1 + 0,25(\Delta B_1 + \Delta B_2)$
4	$A_1 - \Delta A_2 + 2\Delta A_3$	$B_1 - \Delta B_2 + 2\Delta B_3$

Гаусс әдісі бойынша эллипсоид бетінде кері геодезиялық есептерді шешу (орта аргумент формулалары бойынша)

Орта аргументті формулаларды қолдану (111) теңдіктегі мүше сандарын бастапқы аргументтің жіктеуіне қарағанда екі есеге кеміту мүмкіндігін береді, өйткені онда жұп туынды мүшелер және жұп дәрежелі аргументтер болмайды.

Кері геодезиялық есептерді орта аргументтермен шешу (Гаусс әдісі) келесі формуламен орындалады.

$$\begin{aligned}
 S \sin A_m &= D[a_1 \bar{l} + a_2 \Delta \bar{B}^2 \bar{l} + a_3 \bar{l}^3] = D\Sigma_1, \\
 S \cos A_m &= D[a_4 \Delta \bar{B} + a_5 \Delta \bar{B} \bar{l}^2 + a_6 \Delta \bar{B}^3] = D\Sigma_2, \\
 \Delta A &= \sin B_m [a_7 \bar{l} + a_8 \Delta \bar{B}^2 \bar{l} + a_9 \bar{l}^3] = \sin B_m \Sigma_3,
 \end{aligned} \tag{121}$$

мұнда

$$\begin{aligned}
 m &= 593,602160; & \Delta \bar{B} &= (B_2 - B_1)'' \cdot 10^{-4}; & D &= \frac{m + \cos^2 B_m}{n + \cos^2 B_m}; \\
 n &= 197,867385; & \bar{l} &= (L_2 - L_1)'' \cdot 10^{-4}; \\
 S_1 &= D\Sigma_1 / \sin A_m; & S_2 &= D\Sigma_2 / \cos A_m; & \Delta A &= \sin B_m \Sigma_3; \\
 \operatorname{tg} A_m &= S \sin A_m / S \cos A_m; \\
 A_{12} &= A_m - 0,5\Delta A; & A_{21} &= A_m \pm 180^\circ + 0,5\Delta A.
 \end{aligned}$$

Келтірілген формулалар ендік пен бойлықты 0.0001-0.0002" дәлдікте, ал азимутты 0.001" дәлдікте орындауға мүмкіндік береді, ол 40км дейінгі арақашықтықтарға тура әдіспен қолданылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Сфероидтық деп қандай үшбұрышты айтады?
2. Эллипсоид бетінде қандай қиылысулар өзара кері болады?
3. Нормальды қиылысудың екеулігі дегеніміз не?
4. Геодезиялық сызық дегеніміз не?
5. Кіші сфероидтық үшбұрыштарды шешудегі әдістерді көрсетіңіз
6. ҚР үшін қандай референц-эллипсоид қолданылады?
7. Координаттарды жергілікті жүйеден мемлекеттік жүйеге 1942 ж. қайта есептеу үшін қандай параметрлер керек?

9 ТЕОРИЯЛЫҚ ГЕОДЕЗИЯ

9.1 Жердің гравитациялық өрісі

Теориялық геодезия пәні жоғарғы геодезия есептерді шешудегі әдістерді теориялық негіздеу болып келеді, олардың ішінде ең маңыздысы болып Жер бетінің және гравитациялық өрісін жер бетінде және сыртқы кеңістікте анықтау есебі болып табылады.

Теориялық геодезияның соңғы мақсаты болып оптималды өңдеу және кейбір мағынада оның негізгі есептерін стратегиялық шешу болып табылады. Теориялық геодезия аралас ғылымдар арасында кең тараған, ал қорытынды теориялық шешімі әртүрлі өлшеу құрамдарында болуы мүмкін, олар: дәстүрлі, классикалық (геодезиялық, астрономиялық, гравиметриялық өлшеулер) жасанды Жер серіктерін бақылау, ғарыштық аппараттар, лазерлік, доплерлі арақашықтықты бұрыш кескінімен өлшеу, ұзын базисті радиоинтерферометрия.

Теориялық геодезия жоғарғы геодезияның негізгі есептерін зерттеумен айналысады:

- Жер пішінін анықтау;
- Жердің сыртқы гравитациялық алаңының параметрлерін анықтау;
- параметрлерді анықтау, Жердің және референц жазықтығының физикалық бетіндегі өзара мінездеме орындалуы;
- жер бетінің өзгеруін және Жердің гравитациялық алқабының уақытта өзгеруін үйрену;
- Жер бетінің қатыстылығын және координат жүйесінің тапсырмасын анықтау;
- астрономо-геодезиялық торлардың үлкен өңдеуді дамыту әдістері;
- геодинамикалық көріністер;
- фундаменталды геодезиялық тұрақтылықты нақтылау және анықтау.

Көрсетілген есептер келесі әдістерді қоса қолданғанда орындалады:

- астрономо-геодезиялық әдіс;
- гравиметриялық әдіс;
- жасанды Жер серіктерінде және ғарыштық аппараттарда, Айдың лазерлі локациясында, ұзын базисті радиоинтерферометрияда қолданылатын негізгі әдістер:

Жердің сыртқы гравитациялық алқабы деп Жердің айналасындағы кеңістікте және оның бетіндегі ауырлық күшін айтады.

Материалды нүктеге Жердің тартылыс күші F және орталық күш P әсер етеді, олар Жердің тәулік бойы айналуынан туындайды. Тең әсер ететін бұл күштер Жердің ауырлық күшін g құрайды:

$$g = F + P. \quad (122)$$

Жердің сыртқы түрін құрастыру, яғни оның пішінін құрастыру гравитациялық күштердің әсерінен туындайды. Сондықтан Жердің гравитациялық алқабын және оның құрамын үйрену өте маңызды ғылыми және практикалық мәнде болады. Геодезияда Жердің шын гравитациялық алқабын жер беті геодезиясында және гравиметриялық өлшеулер негізінде нәтижелер шығару, сондай-ақ ғарыштық геодезия әдісімен үйрену геодезияның негізгі есебін шешуге, яғни Жердің пішінін анықтауға мүмкіндік береді.

Жердің гравитациялық алқабы W ауырлық күші потенциалымен сипатталады, ол тартылыс потенциал және орталық күш қосындысына тең.

$$W = V + U. \quad (123)$$

Жердің сыртқы гравитациялық алқабы келесі принциптермен беріледі. Кейбір дұрыс дененің деңгейлі бетін алып (эллипсоид), содан соң Жердің гравитациялық алқабының таңдалған эллипсоидтың гравитациялық алқабынан ауытқуын анықтайды (нормальды сфероид):

$$T = W - U_0, \quad (124)$$

мұнда W - ауырлық күшінің потенциалы; U_0 - нормальды потенциал (эллипсоид денесі), T - қозған потенциал. Осы жағдайда $W = U_0 + T$, білу үшін U_0 табу үшін және T анықтау керек.

Нормальды потенциалды таңдау үшін бірнеше әдістер қолданылады. Практикада U_0 потенциалды таңдау үшін бірнеше әдістер қолданылады. Олар эллипсоид денесін M массасынан және бұрыштық айналу жылдамдығынан тұрады, ол Жер айналуының бұрыштық жылдамдығы мен массасына тең. Мұндай таңдау екі маңызды салдарға келтіреді:

1. T мәні мұнда кіші биіктік болады, оның әрі қарай практикада қолдануын жеңілдетеді.

2. Гравиметриялық өлшеулер бұл жағдайда референц-эллипсоидқа жатады, яғни жер бетіне ол геодезиялық және астрономиялық өлшеулерде қолданылатын координаттары болып келеді. Сондықтан астрономиялық, геодезиялық және гравиметриялық өлшеулерді бірлік координаттар жүйесінде өңдеуге болады.

T потенциалының мәнін континентте, теңіз және мұхит бетінде гравиметриялық әдіспен анықтауға болады.

Қозған потенциал шын Жердің g ауырлық күш алқабы эллипсоидтың ауырлық күш γ өрісінен қалуымен сипатталады. Жер бетінде ауырлық

күшінің мәнін гравиметриялық өлшеулерден алады. Эллипсоид бетіндегі ауырлық күшінің мәні Клеро теоремасы бойынша анықталады:

$$\gamma_0 = \gamma_e (1 + \beta \sin^2 \varphi), \quad (125)$$

$$\text{мұнда } \beta = \frac{5}{2} g - \alpha.$$

Осы мақсатта, қозған потенциал $g - \gamma$ айырмашылығымен белгіленген. Бұл айырмашылық ауырлық күшінің аномалиясы деп аталады. Ауырлық күш аномалиясы гравиметриялық әдіспен анықталады.

Астрономо-геодезиялық әдіспен материктерде гравитациялық өріс сипатамасы үшін берілген бағдарлама болып өтвесті сызықтардың ауытқуы ξ және η болады, олардың байланысы қозған потенциалмен орнатылуы келесі формулаларда көрсетілген:

$$\begin{aligned} \xi &= -\frac{1}{R\gamma} \frac{\partial T}{\partial B}; \\ \eta &= -\frac{1}{R\gamma \cos B} \frac{\partial T}{\partial L}. \end{aligned} \quad (126)$$

Осыдан, W астрономиялық-геодезиялық әдіспен анықтау үшін нормальды потенциалды және астрономиялық (φ және λ) және геодезиялық (B және L) пункт координаттарын білу (таңдау) керек, олардың ξ және η отвес сызықтарының ауытқуын анықтауға болады.

9.2 Деңгейлі беттер

Потенциал күші ауырлық күш потенциалы W кеңістіктегі координаттар нүктесінен тәуелді (жер бетінде немесе жерайналасындағы кеңістікте), онда потенциалы тұрақты болатын нүктелер үшін мұндай бет беруге болады.

Мұндай Жер бетін деңгейлі Жер беті деп атайды.

Мына формула

$$W = \text{const} = C \quad (127)$$

Жер беті ауырлық күшінің жалпы деңгейі болады.

Мұндай Жер бетінің әр нүктесіне ауырлық күші осы жер бетіне нормаль бойынша бағытталған, ал ауырлық күшін құраушылар жер бетімен жанасуы бойынша кез келген нүктеде нөлге тең.

Деңгейлі Жер беті бір бірімен қиылыспайды немесе жанаспайды, өйткені әр деңгейлі Жер беті өзінің бірінші потенциал $W = \text{const} = C$ мәніне сәйкес келеді.

Жердің негізгі беті геоид беті болып келеді, ол геодезияда Жер пішініне қабылданады. Бұл бет Дүние жүзілік мұхиттың тыныштық бетімен жақындатылып, отвестік сызық әр оның нүктесінде перпендикуляр болатындай жалғасқан.

Геоид беті ретінде қазіргі кезде деңгейлі бет деп түсіндіріледі, ол биіктік есеп берудің бас нүктесі арқылы өтеді. Біздің елде биіктік есеп берудің басы деп Кронштадтың футштогының нөлі қабылданған, ол Балтық теңізінің орта деңгейіне сәйкес келеді, көпжылдық деңгей өлшеулерімен бақыланған.

W_0 - геоид бетіндегі потенциал.

Геоид бетін нақты анықтау Жер қабаттарын білуімен байланысты.

1945 ж. Молоденский М.С. Жердің пішінін және гравитациялық алқабын анықталмаған геоид бетіне негіздемей дәл анықтауға болатынын көрсетті. Ол квазигеоид бетін жүргізіледі, ол Жер бетінде жүргізілсе, нормальды биіктіктер H' қалыптасады.

Квазигеоид беті геоид бетімен теңіздерде, мұхиттарда және континенталды бөліктерде сәйкес келеді, геоид бетінен 2 м максималды қалады.

Практикада геоидты эллипсоид айналуымен алмастырады, оның беті деңгейлікке қабылданады.

Айналу эллипсоиды, центрі және оның экваторы орталық массамен және Жер экваторымен сәйкес келетін және өте жақсы түрмен геоидтың бетін планетарлы масштабта опроксимирлейді, оның жалпы жер аралық эллипсоид деп аталды.

Жалпы жер шары эллипсоиды үлкен жарты осі a_e бар, полярлық сығылу α , M масса және бұрыштық жылдамдық ω сәйкес келетін Жер параметрлерімен сай келеді, оны Жер нормасы деп атайды. Нормальды Жер параметрлері a_e, α, ω , гравитациялық тұрақтылықты fM фундаментальды геодезиялық тұрақтылық деп атайды.

Нормальды Жердің гравитациялық өрісі Жердің нормальды гравитациялық өрісіне қабылданған.

9.3 Тіктеуіш сызығының ауытқуы

Тіктеуіш ауытқуы – бұл тіктеуіш сызығы бағыты және нормаль бетің қатынасының арасындағы бұрыш. Егер қатысты бетке деп жалпы жер шар эллипсоид бетін қабылдаса, онда отвес ауытқуы абсолютті деп аталады. Егер нормалдан отвес ауытқуы референц- эллипсоидқа қаралса, онда отвес ауытқуы қатынасты деп аталады. Астрономиялық-геодезиялық отвестік сызық деп отвес сызығымен референц-эллипсоид арасындағы бұрышты айтады, ол астрономиялық және геодезиялық өлшеулерден алынады. Олар қатынасты болып келеді.

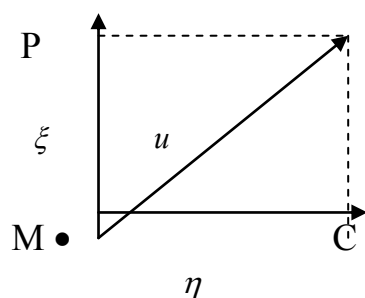
Отвес сызыктарының бағыты Жер үстінде астрономиялық бақылаулардан астрономиялық координаттарды шығару жолдарымен анықталады (φ, λ).

Референц-эллипсоид бетіндегі нормаль бағыттары геодезиялық B, L координаттармен анықталады.

Гравиметриялық отвес ауытқуы деп нормальды γ бағыт және шын g ауырлық күші арасындағы бұрыш деп аталады.

Топографиялық отвес ауытқуы деп шын ауырлық күшінің нормаль ауырлық күшінен ауытқуын айтады, ол топографиялық массалар тартылысымен берілген. Топографиялық ауытқулар әдетте таулы жерлерде есептеледі.

Геодезиялық есептерді шешкенде толық отвес ауытқуының сызығының биіктігін u екі құраушылар түрінде көрсетеді: ξ - меридиан жазықтығында және η - бірінші вертикальдың жазықтығында. (20 сурет).



20-сурет

Астрономо-геодезиялық отвес ауытқуын құрушылар геодезиялық және астрономиялық координаттардың айырмашылығымен байланысты:

$$\begin{aligned} \xi &= \varphi - B; \\ \eta &= (\lambda - L) \cos B, \end{aligned} \quad (128)$$

мұнда φ, λ - астрономиялық ендік және бойлық;

B, L - пунктiнiң геодезиялық ендігі және бойлығы.

(128) формуласы бойынша отвес сызығының ауытқуын тек астропункттерде есептеуге болады. Қалған барлық нүктелер үшін тіктеуіш ауытқуы интерполирлеумен алады.

Гравиметриялық тіктеуіш ауытқуын қолданып интерполирлегенде астрономо-геодезиялық ауытқуы өздері интерполирлейді, ал астрономо-геодезиялық және гравиметриялық отвес ауытқуының айырмашылығын $\xi^{AG} - \xi^{GP}$, $\eta^{AG} - \eta^{GP}$ формуласымен береді.

Астрономиялық-геодезиялық тіктеуіш отвес ауытқуылары кез келген нүктеде гравиметриялық тіктеуіш ауытқуының және ауытқу айырымын

интерполирленгендегі қосындысынан шығады. Осылай алынған отвес ауытқуы астрономо-гравиметриялық деп аталады.

Тіктеуіш ауытқуын құру Жердің физикалық бетінің өлшенген биіктігінен рефенц-эллипсоид бетіне көшкенде түзету есептеріне өте қажет. Тіктеуіш ауытқу арқылы астрономиялық және геодезиялық координаттар арасында байланыс орнатылады. Тіктеуіш ауытқуы сызығы арқылы өлшенген астрономиялық азимуттан геодезиялыққа Лаплас теңдігі көмегімен дәл өту орындалады.

$$A_m = \alpha_m - \eta g \varphi . \quad (129)$$

Биіктік есебінің жүйесі.

Геометриялық нивелирлеу кезінде нивелирдің визирлік осін отвес сызығына перпендикуляр және деңгей бетіне тигізіп орнатады. Геометриялық нивелирлеумен алдыңғы және артқы рейканың нөлі арқылы өтетін деңгей бетінің ара қашықтығын анықтайды Жердің сығылуынан деңгей беті, тартылыс күші және Жердің орталық күшінің әсері, әртүрлі тығыздықта болатын массаны Жер денесінде тегіс орнатпағаннан өз араларында параллель емес. Сондықтан аралас пунттар арасындағын өлшенген биіктіктер нивелирлеу әдісіне байланысты.

Әр деңгей бетінде W потенциалы тұрақты. Осыдан деңгей бетіндегі потенциалдарды салыстырғаннан олардың айырмашылығы нивелирлеу жолына байланысты емес. Сондықтан Жер бетінің физикалық фигурасын зерттегенде өлшенген биіктіктеулерден ауырлық күш сәйкес келетін потенциалдар айырымының операцияларына өтеді. Жалпы принципке сәйкес гравитациялық өрісте биіктіктігін анықтауда биіктік сәйкес келетін деңгей беттері арасындағы ауырлық күшінің орта интегралдау мәнінен потенциалдар айырымының қатынасына тең:

$$H = \frac{W_0 - W_M}{g_m}, \quad (130)$$

мұнда $W_0 - W_M$ - Жердің физикалық бетіндегі нүктемен және O есеп алу бетіндегі нүктелер арасындағы потенциал айырылымы; g_m - осы нүктелер арасындағы ауырлық күшінің орта интегралдау мәні.

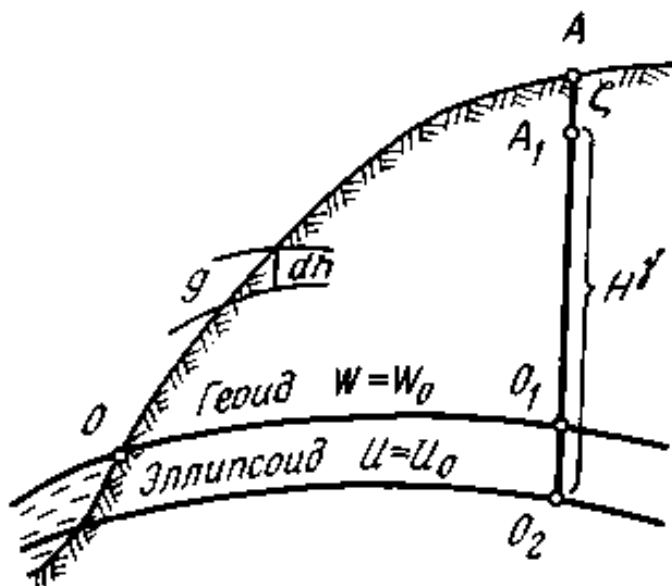
$W_0 - W_M$ потенциалдар айырымын M нүктесінің геопотенциалды саны деп атайды .

Геодезиялық жұмыстарда үш геопотенциалды биіктік жүйесінде қолданылады: нормальды, ортометрлік және динамикалық, сонымен қатар геодезиялық биіктік жүйесін қолданады.

Биіктік жүйесі есеп алу бетіне байланысты.

Есеп алу беті ретінде геоид бетін қолдануға болады (ортометриялық биіктік H^s), квазигеоид беті (нормальды биіктік H^v), референц-эллипсоид беті (геодезиялық биіктік H) (21 сурет).

Практикада геодезиялық биіктік H екі бөлікке бөлу ыңғайлы: гипсометриялық (H^s, H^v), ол рельеф пішінін геоид және квазигеоид беттеріне қатысты сипаттайды және ζ геоидальды, деңгей бетінің формасын анықтайтын немесе геоид немесе квазигеоид беттерінің референц-эллипсоид беттерінен қалуы.



21 сурет – Биіктік жүйесі

Геодезиялық биіктікті екеуінің қосындысы ретінде ұсынады:

$$\begin{aligned} H &= H^s + \zeta_1; \\ H &= H^v + \zeta, \end{aligned} \quad (131)$$

мұнда ζ - биіктік аномалиясы.

Келтірілген формулалардан геодезиялық биіктіктерді формулалардан геодезиялық биіктіктерді есептерге практикалық жақтан екіншісі қолданылады. Геодезиялық биіктікті нивелирлеу және өлшенген ауырлық күш нәтижелерінен анықтау үшін нормальды биіктік H^v табу керек.

$$H^v = \frac{1}{\gamma_m} \int_{OM} g dh \quad (132)$$

және ζ биіктік аномалиясы.

Нормальды биіктік Жер қыртысын құрылысын білмей есептеле береді.

Нормальды биіктік жүйесі КСРО және басқа мемлекеттерде қолданылды.

Нормальды биіктіктер топографиялық карталарда келтіріледі.

Жер бетінде А және В нүктелерінің нормальды биіктігінің айырымын практикалық түрде анықтайды. Бұл айырымды есептеудегі жұмыстық формула мынадай болады

$$H_B^\gamma - H_A^\gamma = \sum_A^B \Delta h_{узм.} + 1.020 \left[\Sigma(\gamma_{oi} - \gamma_{ok})H_m^\gamma + \sum_A^B (g - \gamma)_m^A \Delta h_{узм.} \right] = \sum_A^B \Delta h_{узм.} + \sum_A^B \delta h, \quad (133)$$

мұнда $\Delta h_{узм.}$ - секция бойынша өлшенген;

H_m^γ және $(g - \gamma)_m$ - реперлер арасындағы орта биіктік және ауырлық күшінің орта аномалиясы ;

$\gamma_{oi} - \gamma_{ok}$ - нормальды ауырлық күшінің айырмашылығының мәні репер эллипсоидтағы репер ендігінде (i - артқы, k - репер жүрісі бойынша алдыңғы).

Нормальды биіктікті есептеу кезінде бос ауадағы ауырлық күш аномалиясын білу өте қажет, оларды анықтау үшін Буге редукциясында гравиметриялық карталарды қолданады. Буге аномалиясынан бос ауа аномалиясына келесі формулалар бойынша көшеді.

$$g - \gamma = (g - \gamma)_B + 0.0961H, \quad (134)$$

9.4 Геодезиядағы редукциялық есеп

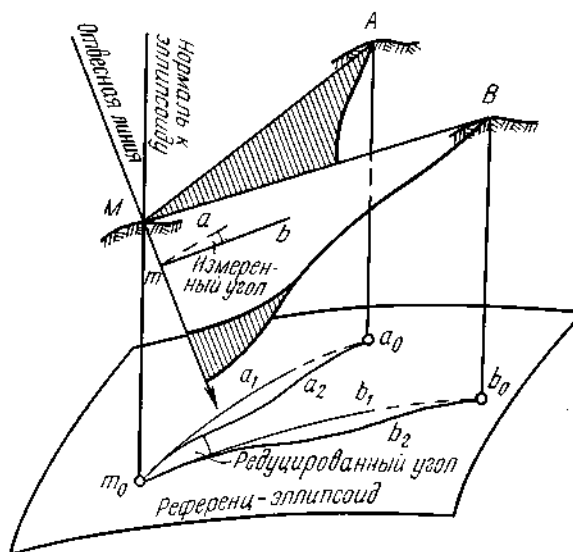
Жер бетіндегі өлшенген геодезиялық торап элементтері (қабырға ұзындықтары және көлденең бағыттар) референц-эллипсоид бетінде редуцирленеді. Жерде өлшенген биіктіктерді оларға сәйкес келетін эллипсоид бетіндегі биіктіктерге көшу теориясы геодезияның редукциялық есебі деп атайды.

Өлшенген көлденең бағыттарға отвес сызығының ауытқуы түзетуі енгізіледі, бақыланатын зат биіктігіне нормалды қиылысудан геодезиялық сызыққа өту байқалады.

Отвес сызығының ауытқуына түзетуді келесі формула шешеді:

$$v_1 = (\eta_1^{az} \cos A_{12} - \xi_1^{az} \sin A_{12}) \text{ctg} Z_{12}, \quad (135)$$

мұнда η_1^{az}, ξ_1^{az} - аспап тұрған нүктедегі астрономиялық-геодезиялық отвес сызығының ауытқуын құраушылар; A_{12} - азимут; Z_{12} - бақыланатын бағыттың зениттік арақашықтығы.



22 сурет – Горизонтальды бағыттардың редукциясы

Крассовский эллипсоиды үшін бақыланатын зат биіктігінің түзетуін келесі формуламен табады:

$$v_2 = 0.108'' H_2 \cos^2 B_2 \sin 2A_{12}, \quad (136)$$

мұнда H_2 және B_2 - бақыланатын нүктенің геодезиялық биіктігі және ендігі.

Нормальды қиылысудан геодезиялық сызыққа өтуден түзетулер Красовский эллипсоидында келесі формулалармен есептеледі

$$v_3 = 0.0282'' S^2 \cos^2 B_1 \sin 2A_{12}.$$

Өлшенген қашықтықты редуцирлеу (сызықты, жарықты-радиодальномермен өлшенген) келесі формуламен есептеледі

$$S = \sqrt{S_{изм.}^2 - \Delta H^2 \left(1 - \frac{H_1 + H_2}{2R}\right) + \frac{S^3}{24R^2}}, \quad (137)$$

мұнда H_1, H_2 - Жер бетінің геодезиялық нүктелері; R - өлшенген сызық аралығындағы эллипсоидтың орта қисықтық радиусы $R = a \left(1 - \frac{1}{2} e^2 \cos 2B_m\right)$;

$$\Delta H = H_2 - H_1.$$

Бақылау сұрақтары:

1. Жердің гравитациялық өрісі дегеніміз не?
2. Геопотенциал деген не?

3. Деңгейлі бет деген не?
4. Эллипсоид бетіне өткенде өлшенген көлденең бағыттарға қандай түзетулер енгізіледі?
5. Өлшенген қашықтықты редуцирлегенде қандай формула қолданылады?

10 ГЕОДИНАМИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

10.1 Геодинамикалық зерттеулердің түсіктемесі

Геодинамика қазіргі геодезия Жердің ішкі және сыртқы динамикасының ғылымын анықтайды, астрономияда, геодезияда, геологияда, геохимияда, геоморфологияда дамытылады және басқа Жер туралы және жер айналысындағы кеңістікті ғылымдарда анықталады. Геодезия геодинамикалық құбылыстарды зерттейді, ол Жердің планеталық эволюциясымен байланысты. Геодинамикалық зерттеулердің пәні болып: масса орталығында полюстер қозғалысы, Жердің бірқалыпты айналмауы Жер қабатының деформациясы және литосфералық плиталар, теңіз және мұхиттардың деңгейі мен жаға сызығының өзгеруі, оның фигурасының және физикалық өрісінің уақытша өзгеруі есептеледі.

Осы уақытша геодинамикалық аспектілер геодезияда жер беті және Жер серіктік астрономиялық-геодезиялық бағдарламаларды және гравиметриялық жұмыстарды өңдеуде анықталатын фактор болып келеді.

Масса орталығында полюстер қозғалысы, Жердің бірқалыпты айналмауы, жер қабатының және литосфералық плиталардың деформациясы, теңіздердің және мұхиттардың жаға сызықтарының өзгеруі, дене массасының және Жер бетінің ауысуы, оның уақытша өзгеруі және фигурасы және физикалық алқабының өзгеруі, бұл негізгі құбылыс бастамасы, геодинамикалық зерттеулердің пәні болып келеді.

Планетарлы және регионалды масса асимметриясы Жердің бетінде және денесінде, гидросфера және атмосфера, ал тұрақты қозғалыста болады, Жер-Ай-Күн ғарыштық үшеулікте кеңісті-уақытшалық гравитациялық бір-біріне ықпалының өзгеруі Жер айналуының параметрлерінің өзгеруі және литосфералық плиталар Жердің өз түрінде динамикасының инерция орталығына қатысады.

Жалпы геодинамикалық спектр көрінісі көпсалалы; планетарлы, барлық планетаға қатысты; регионды, континент шегінде болады немесе литосфера плитасында болады; облысты, 1-3 мың км территориясында, 50...500 км радиуста локальды түрде таралады.

Геодинамикалық көріністер ішкі және сыртқы болып бөлінеді, ал уақытша шкала бойынша – ғасырлық, ұзақ және қысқа периодтық, тұрақты (регулярлы) емес болып бөлінеді.

Қазіргі геодезияда негізгі объект ол Жердің сыртқы динамикасы оны сипаттайтын параметрлер жер беті және Жер серіктік астрономиялық-геодезиялық және гравиметриялық бақылаулар жолымен анықталады.

Жер көрінісінің ең сипаталатын жері – бұл материктер және мұхиттардың планетарлық асимметриясы. Оңтүстік полюсте ең биік континент –

Антарктидада орналасқан, ал Солтүстік полюсте Солтүстік мұзды мұхит ауданына тең. Тынық мұхиттың ойығына (впадина) Африка материгінің бедері жауап береді.

Жер бедері экватор жазықтығына қатынасты ассиметриялы, 105^0 меридиан жазықтығында да шығыс ендігінде. Бұл меридиан жазықтығында жер полюсінің ғасырлар бойғы бағыттары анықталған.

Құрлықтың және мұхиттың планетарлық ассиметриясы, Жер бедері, гидросфера және атмосфера, тұраққозғалыста болатын Жердің өз айналуында планеталары ықпалымен және Күн-Жер-Ай ғарыштық жүйеде гравитациялық өріс ауысады.

Қазіргі кездегі астрономиялық-геодезиялық өлшеулер арнайы бағдарламалармен планетарлы және регионалды масштабта орындалатын және қатаң түрде математикалық әдістерде өңделетін, жер қабатына және литосфералық плитаға жоғары баға береді. Аспан денелерін лазерленген өңдеп және радионтерферометрмен бақылағанда Тұнық мұхиттың литосфералық Евразияны қосқанда 7 см жылыңа құратынын, ал Солтүстік Америка мен Еуразия плиталарының қозғалу жылдамдықтары 10 см жылыңа жақын екендігі орнатылды. 1992-2001 жж. Бішкектегі ОНВТ РАН ғылыми станцияларда американдық, қырғыз, өзбек ғылымдарымен бірігіп 800 пунктте GPS- бақылаулар жүргізген, онда қырғыз бетіндегі Тянь-Шань тауының көлденең жалпы сығылуы бойлық полюсте $75-76^{\circ}$ 13 мм/жыл жылдамдықпен жүреді.

Периодты түрде жаңартылған дәл нивелирлер Жер қабатының тігінен қозғалысын байқады. Алматы қаласындағы аудандарға жер қабатының максимум тігінен қозғалуы 10 см/жыл тіркелген.

Жер интенсиві бойынша 400-1000 жеті және сегіз балды және де 10-15 тоғыз балдық жер сілкіністері болып тұрады, олар көлденең және тік қозғалыстармен жүріп отырады.

Жер динамикасы жер полюсінің қозғалысынан және оның айналуының бір қалыпты еместігінен шығады. Жердің осьтік айналуы кеңістікте өзгеруі өте үлкен.

Бірінші жақындауда үлкен жарты осьтің айналуы кеңістікте өзгеруі өте үлкен Бірінші жақындауда үлкен жарты осьтің жылдық өзгеруі орнатылған $a = -0,01 м$, полярлы сығылу $\alpha = -1 \cdot 10^{-9} м$, Жердің орталық массасының ауысуы $dr = 0.02 м/жыл$. Полюстің ғасырлық қозғалысы 70° з.д меридиан бойынша 0,1 м/жыл құрады. Жер полюсі 436.5 тәулікте радиус бойынша 15 м толық айналым жасайды, ал 1 тәулікте – радиус бойынша 0,005 м толық айналым жасайды.

10.2 Геодинамикалық зерттеулер үшін Жер серіктік позициялық жүйелерді қолдану

Қазіргі кездегі ғарыштық геодезия техникасы геодезиялық тірек тораптарының құру есептерін және Жердің ориентациясын және айналу параметрлерін анықтау. Осыған қарамастан бұл есептердің актуалдығы біздің кезде сақталып келеді.

Берілген есептерде планета бетінде құрастырылып және Халықаралық жер тірек жүйесінің координаттары (ITRF) дамылған, жер бетіндегі торап пунктерде бекітілген мүмкіндігі бойынша бір қалыпты жер бетінде жайылған және жер қабатында арнайы геодезиялық маркалармен фиксирленген. Берілген торап қазіргі кездегі геодинамикалық зерттеулердің бас талаптарын қанағаттандыру керек: Жер бетіндегі фундаментальды координаттар жүйесін 10^{-10} дәлдігіне құру және сақтау (немесе 6 мм) .

Тораптың қаттылығын және қозғалыс фиксациясын ұстап тұру үшін оның әр континентальды плитасында 3 станция орнатылуы керек.

Бұл станциялар плитаның тұрақты жерлерінде орнатылуы керек.

Жоғарғы дәлдікті өлшеу әдісі Жер серіктік геодезияда мынаны көрсетеді ITRF координат жүйесінің басы Жер орталығында қатысты ауысады.

Жер туралы ғылымда фундаментальды есептерді шешу кезінде оның қатарында жер сілкінісін анықтайтын жерді дайындау, облысты бөліп көрсету мүмкіндігі қозғалыс деформациясының жылдамдығының максимум өзгеруін байқауға болатындай бөлу өте қажет.

Соңғы уақытқа дейін жер қабатының қозғалысын GPS бойынша өлшеу көбінесе көлденең құраушылар 6-7 күндік өлшеулер кезінде жоғарғы 2-3мм дәлдікпен өлшенеді. Осы уақытта тік компонент 7-10мм қателікпен өлшенетін еді. Тораптың күндегі жұмысы IGS тор станцияларында тұрақты әсер ететін ол GPS спутниктік жүйесінің орбитальды моделін белгілеуге мүмкінді беретін еді, нәтижесінде екі-үш рет координаттар станциясының тік құраушыларында дәлдігі де өсті.

Халықаралық GPS – IGS геодинамика үшін тор 300 тұрақты қозғалыста болатын пунктерді есептейді, олардың 16 Ресей территориясында және 10 ТМД мемлекетінде орналасқан.

ITRF жүйесіндегі халықаралық жер есеп алу мониторингі, тектоникалық плиталар мониторингін қосатын, Жер айналу параметрлерін, GPS және ГЛОНАСС спутниктер қозғалысы;

Региональды геодинамикалық тораптар 100-1000 км өлшемінде болады.

Жер бетінің локальды геодинамикалық мониторингі, су деңгейі, жанартаулар жұмысы және т.б. (торап өлшемдері 100 м болады) жүргізіліп отырады.

Жер бетінің GPS көмегімен ғаламдық мониторингті халықаралық геодинамикалық қызмет көрсетулер орындалды (ХГҚ). ХГҚ 1993 ж. құрылған, ол әлемдік тұрақты тораптарды біріктіріп GPS арқылы бір торапқа құрылады.

Қазіргі кезде 500-дей негізгі станциялар және 200 функционалды станциялар жұмыс істелді. Тораптардың тығыздығы бір тегіс емес көбі Батыс Европада, АҚШ. Ресей территориясында екі станция бар – Менделеев және Иркутск.

Региональды және локальды торап мониторингімен бақылау әдетте циклдермен немесе үзіліссіз, немесе аралас технологияларымен жүргізіледі.

Циклдік бақылаулар “кампаниялар”. Геодезиялық торап белгіленген уақыт арасында бірнеше қозғалу қабылдануларымен ауыстыру және бақылау күндерінің кестесі бойынша орнатылған.

Үзілмейтін бақылаулар. Станция торабын жалғастырылған уақыт арасында үзіліссіз бақыланады. Ғаламдық деңгейде дамитын GPS – торабы жалпы жер шары жүйесінің есептеріне рұқсатты қамтамасыз ететін станция болады, Жер ориентірінде параметрлер және дәл Жер серіктік эфимеридтерге. Аймақтық деңгейде үзіліссіз мониторинг өрісті түсірістерге базалық өлшеулерді жобалауды есеп беру жүйесімен байланыстырып қамтамасыз етеді. Мұндай тораптардың Оңтүстік-Калифорниялық GPS – құрамы және Жапониядағы халықтық GPS массиві немесе торабы деп аталатын екі түрі бар. Бірінші тор Солтүстік-Америкада және Тынық мұхит тектоникалық плитасында активті қозғалыстағы ауданда орналасқан, екіншісі – орта арақашықтықпен 30 км болатын 1000 пункттен тұрады және Жапония территориясында жылдамдық станциясынан бақылайды.

Аралас геодезиялық өлшеулер. Аралас өлшеулерде алқап қабылдағыштары өзінің тұрған орнын жұмыс істеп тұрған массивке қатысты орындалды. Шет елдерде бұл технология MOST (Multimodal occupation strategy) атауын алған.

Аймақтық геодинамикалық тораптарға Орталық Европадағы геодинамикалық торап жатады. Ол 11 мемлекеттің 31 станциянын қосады. Оның 7 станциясы МГТ глобальды торабына кіреді. Бақылаулар 5-6 тәулікті сеанстар циклдармен аралығы 30 секунд болатын бақылауларда жүргізіледі. Пункттар арасы 300-500 км болғанда орташа квадраттық қателік станциядағы ендікте және бойлықта тәулігіне 1-2 мм құрады, ал геодезиялық биіктіктерге 5 мм тең.

Жергілікті геодинамикалық тораптарды негізінен компанияларда көп мөлшерде құрады. Мысалы, Тюмен облысындағы Губкин торабы. Тораптың мақсаты –жергілікті жерді пайдалану процесінде Жер бетінің деформациясын бақылау.

Бірінші ретті есептері бұл стационарлы емес Жердің фигурасын және физикалық өріс зерттеу. Қазіргі кездегі геодинамикалық зерттеулер астрономиялық-геодезияда Жерді зерттеуді дамытудағы ХХІ ғасырдың болашақтық бағыты болып есептеледі.

10.3 Геодинамикалық полигондар

Соңғы жылдары жер бетінде күшті, кейбір жерлерде апатты геодинамикалық жағдайлардың тіркелгендері белгілі. Бұл жағдайлар жерсілкіністер, тау жыныстары мен жер қабаты жарылымдарының қозғалысы, жер бетінің шөгуі сияқты түрде көрініс береді. Әсіресе мұндай құбылыстар мұнай-газ және тау-кен өндіріс орындары күшті дамыған аймақтардағы геологиялық ортаның геодинамикалық тәртібінің бұзылуынан болады.

1990 жылдары геодинамика мәселелерін шешу үшін Халықаралық GPS қызметі (IGS) құрылған болатын. IGS қызметіне ғаламдық тіректік геодезиялық торапқа кіретін пункттердегі үздіксіз жерсеріктік бақылауды ұйымдастыру жауапкершілігі жүктелген. Мұндай мониторинг, қарастырылып жатқан пункттерді см-лік және мм-лік дәлділікте жылжуын бақылауға арналған. Бұл құрылыстар мен ашық мұхитта орналасқан жеке аралдардың пайда болуы нәтижесінде әрқашан жаңарып тұратын қозғалыс картасын жасауға мүмкіндік береді.

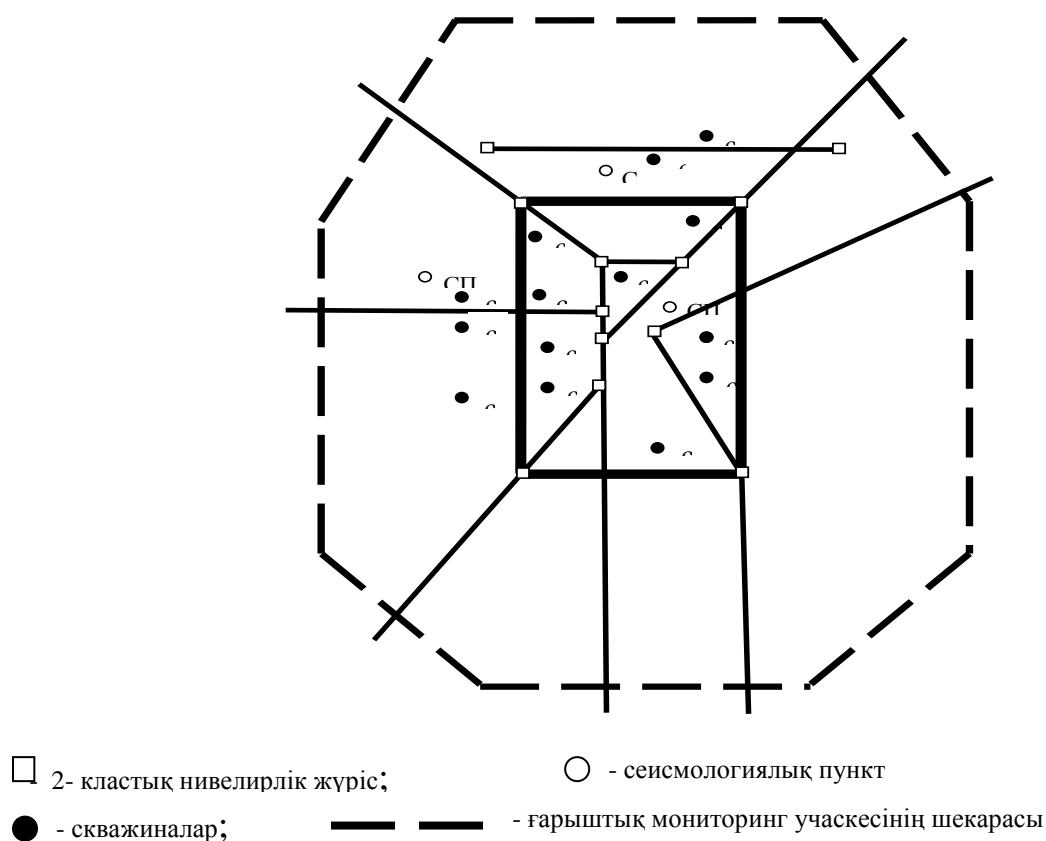
Мұндай ақпарат – жердегі референцтік нүктенің нақты орнын анықтауда және жер қыртысында жүріп жатқан процестердің тектоникалық белсенділігін зерттеу кезінде үлкен қызығушылық танытады. Мұндай зерттеулерді жүргізу процесінде зерттелетін аймақтағы «тұрақты» тірек нүктелерін теңестіру қажеттілігіне байланысты, маңызды қиындық пайда болды. Онда тірек нүктелерге қатысты айқындалған жылжулар тіркеліп жазылады. Бұл проблема – жеке зерттеулер нысаны болды.

Жер қабатының қазіргі заманға сай қозғалысы заңдылығын зерттеу үшін Қазақстан Республикасының оңтүстік және шығыс өңірлерінде геодинамикалық полигондарда жыл сайын жоғары дәлдікті геодинамикалық өлшемдер жүргізіле бастады. Жер сілкінуіне икемділікті ескере отырып, республикамыздың барлық аумағы бойынша батыс және орталық өңірлерде геодинамикалық полигондар (ГДП) құру қажеттігі туды, өйткені Қазақстанның сейсмобелсенді аумақтары мен Каспий маңы өңірлері жоғары дәлдікті геодезиялық өлшемдермен толық қамтылмаған.

Сол себептен де, біріншіден, Республиканың оңтүстік және шығыс өңірлерінің жер бетінің қазіргі кездегі қозғалысының зерттеуде, жыл сайын геодинамикалық полигондарда жоғары дәлдікті геодезиялық өлшемдер

жүргізу, екіншіден Республиканың барлық территориясы жер сілкінісіне шалдыққыш екенін есепке ала отырып республиканың батыс және орталық өңірлерінің геодинамикалық полигондарын қалыптастыру, дәлірек айтқанда Атырау, Батыс Қазақстан, Ақтөбе, Маңғыстау облыстарында жаңа геодинамикалық полигондар жасау жолымен республиканың батыс өңірлерінде геодинамикалық полигондар желісін кеңейту, жаңа технологиялар енгізу, қазіргі заманға сай жабдықтар мен бағдарламалық камтамасыз ету жұмыстары жүргізіліп жатыр.

Сондай жұмыстардың бірі 2001-2005 жылдар аралығында «Теңіз» мұнай-газ кенорны территориясы жер қабатының қазіргі заманға сай қозғалысын анықтау үшін ҚазҰТУ жүргізген геодинамикалық мониторинг. «Теңіз» геодинамикалық полигонындағы мониторинг GPS жерсеріктерін пайдалану арқылы жүргізілді (23 сурет). Жерсеріктік әдістерді пайдалану - жоғары дәлдікпен пункт координаталарын жедел алуға және жер қыртысында жүріп жатқан динамикалық процестерді едәуір толық зерттеуге мүмкіндік береді.



23 сурет- «Теңгиз» геодинамикалық полигонының схемасы

«Теңгиз» геодинамикалық полигоны 100 реперден (пункттер), оның 5-сейсмологиялық, 5-жарық қашықтық өлшеушілік және 10 ТИМ –нен тұратын жеті негізгі профилдік сызықтарды құрайды. ГДП-дағы бақылаулар жылына екі рет (көктемгі және күзгі мезгілдерде) және сейсмологтардың болжаулары

бойынша қосымша өлшеулер де жүргізіліп отырылды.

2001-2004жж. GPS аппаратуралары арқылы жүргізілген мониторинг нәтижесінде жер бетінің шөгудің техногендік және сейсмотектоникалық құрастыруларға бөлу әдістемесі апробациядан өтіп, «Теңізшевройл» өндіріс орнында іске асты.

Мұндай жеке геодинамикалық полигондағы зерттеулер бүкіл жер шары шеңберінде жер қыртысының кәзіргі замандағы жылжуын зерттеуге мүмкіндік ашады. Ол «статистикалық» геодезиядан «динамикалыққа» өтуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, мұндай жұмыстар зерттелетін аумақ өлшемін әрі қарай шектеу – ірі инженерлік ғимараттар құрылатын және пайдаланылатын жердегі, оның аймақтарындағы, ірі қалалардың жер бетінің деформациясын зерттеуге алып келді. Қалалардағы жер бетінің қауіпті деформациясын бақылау маңыздылығы ең алдымен, адамның геодезиялық құрылымға қарқынды әсер етуіне байланысты әр түрлі бұзылулардың артуынан туындаған. Бұған – жер қойнауын игеру, жерасты суының деңгейін өзгерту, көлік ағындарының әсерінен болатын вибрациялардың артуы артуы жатады. Қалалар мен жеке өнеркәсіп объектілеріндегі әр түрлі 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 тектоникалық және техногендік құраушыларға қажеттілігі туады. Бұл мәселерді шешу үшін де арнайы мониторингтік зерттеулер ұйымдастырылуы қажет.

Сейсмикалық қауіптілікті болжауға қажет мәліметтерді алу үшін сейсмоактивті аудандарда Жер қыртысының қозғалыстарын зерттеу – геодинамиканың маңызды мәселелерінің бірі. Жер сілкінісінің хабаршыларын зерттеу, болжамдақ геодинамикалық полигондар (ГДП) деп аталатын арнайы полигондарда жүргізіледі. Геодинамикалық полигон дегеніміз – ол жер бетінің деформациялануын анықтау мақсатымен геодезиялық, геофизикалық бақылаулардың кешені жүргізілетін арнайы таңдалған территория.

Жер қыртысының осы күнгі қозғалыстарын геодезиялық әдістермен (аймақтық немесе жергілікті жерде) зерттеу геодинамикалық полигондарда жүргізіледі. Үлкен масштабты зерттеулер жүргізілетін территорияларға қарағанда, геодинамикалық полигондардағы бақылаулар сейсмикалық жағынан қауіпті (күшті жарылымдары бар, жеке геологиялық блоктардың түйіскен және т.с.с.) жерлердегі шағын аймақтарды қамтиды. Геодинамикалық полигондар жоғары сапалы геодезиялық және геофизикалық аспаптармен жабдықталған, олар биіктіктерді, кеңістік

координаталарын, гравитациялық және басқа да өрістерді жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді.

Геодинамикалық полигондардың әдістемелік жағынан алғанда үлкен ерекшелігі - жұмыс шағын аймақтарды қамтыса да, ондағы өлшеулер сапасының жоғарылығы және жылдамдығы, яғни әртүрлі аспаптық тәсілдер кешенін жиі қолдануы.

Сөйтіп, жер қыртысының геофизикалық алаңдарын, құрылымы мен бедерін өлшеулер арқылы жер бетінің деформациялануын өте жоғары дәлдікпен егжей-тегжейлі зерттеуді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, ГДП жер беті бедерінің экзогендік деформацияларының динамикасы мен тектоникалық текті деформациялардың жүйесіздік сипаттамасын жан-жақты зерттеуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, геодинамикалық полигондардың ғаламдық маңызды мәселелерді шешуде де ықпалы зор. Мәселен, ГДП жүйесі күрделі тектоникалық блоктардың түйіскен зоналары бойынша негізгі қозғалыстардың уақыт аралығы мен кеңістіктегі өзгерістерін зерделеуге де мүмкіндік жасайды.

Пландық және биіктік геодезиялық құрулар пункттерін ГДП да орналастыру әртүрлі геодезиялық және геофизикалық мәселелерді шешуді қамтамасыз етеді. Геодезиялық құрулар *жергілікті, аудандық және аймақтық* болып үш түрге бөлінеді. Тектоникалық жарылымдар бар жерде құрылған геодезиялық құруларды - *жергілікті*, күшті жер сілкіністер эпицентрі бар жерлерде - *аудандық*, ал күрделі геологиялық құрылымдардағыны - *аймақтық* деп атайды.

Жергілікті және аудандық пландық тораптар бұрыштық, сызықтық-бұрыштық және сызықтық түрлерде құрылады. Мұнда қабырғалардың ұзындығы орташа 1,5 км дей болса, онда бұрыштық тораптар құрылады. Қабырғаның орташа ұзындығы 1,5 км ден 10 км дейін болса, онда сызықтық-бұрыштық және қабырғаның орташа ұзындығы 10 км артық болғанда - сызықтық тораптар құрылады.

Жергілікті және аудандық биіктік тораптары трассаларда 1- және 2-кластық сызықтар түрінде немесе перметрлері 40 км ге дейінгі және одан асатын полигондар түрінде құрылады. Аймақтық учаскелерде 1- кластық сызықтары 400-1000 км полигондармен құрылады және 2-кластық ұзындықтары 300-600 км полигондармен құрылады.

Жергілікті құруларда пландық және биіктік жүйелердің пункттері сәйкес келуі мүмкін. Бірыңғай координаталар жүйесін алу үшін, ГДП дағы геодезиялық мемлекеттік тораптар мен биіктік нивелирлеу тораптары пункттер біріктіріледі.

Жер сілкіністерін болжау үшін болжамдық геодинамикалық полигондар құрылады. Олар жер сілкінісі болатын кездер туралы мағлұмат

береді. Полигонның контуры жер сілкінісінің жағдайы изосызықтары (тең тербеліс сызықтары) бойынша анықталады.

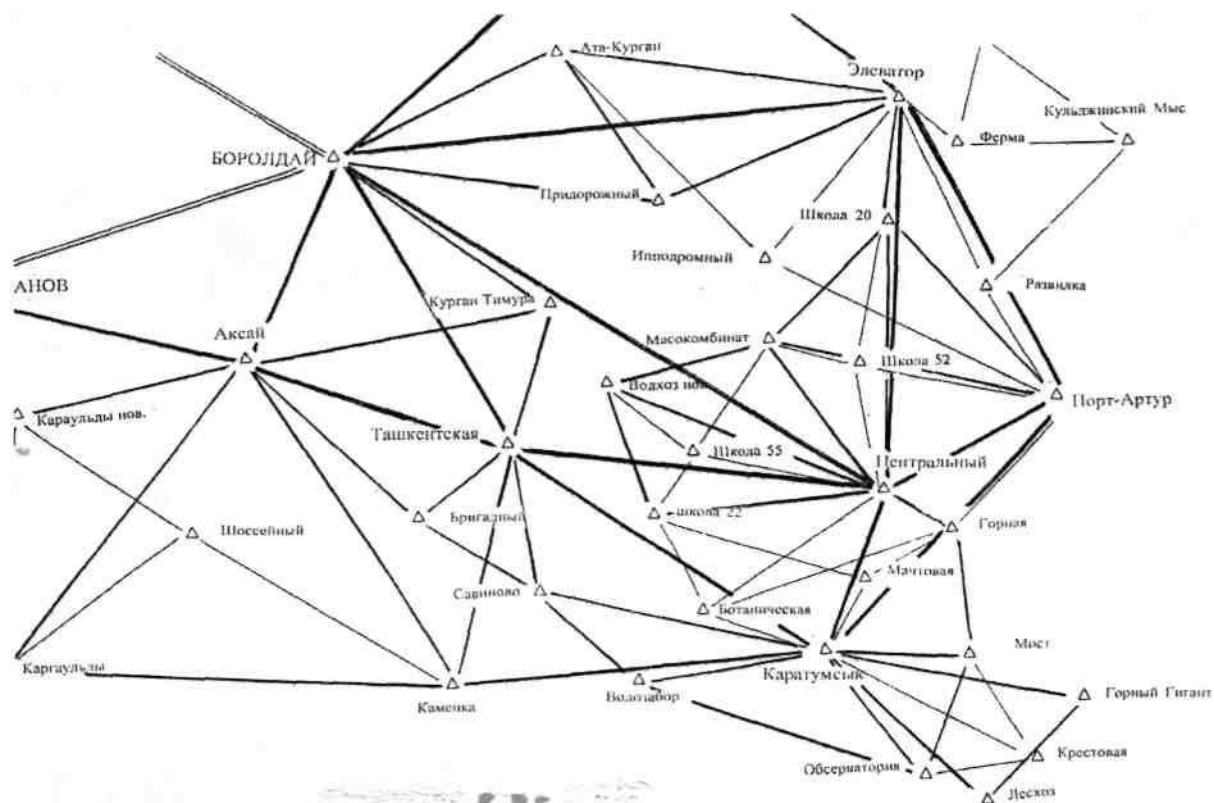
Қазіргі кездегі сейсмикалық активті аймақтарда құрылған геодинамикалық полигондар, қалыптан тыс жылдамдықтағы қозғалыстардың территориясын кешенді зерттеулер жүргізу арқылы анықтайды және болжайды. Батыс, Оңтүстік және Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, оның ішінде Алматы ТМД елдеріндегі ең қауіпті территориялар қатарына жатады.

Жер қыртысының осы заманғы қозғалыстарын (ЖОЗҚ), күшті жер сілкірудің хабаршыларын зерттеу және ЖОЗҚ бақылаудың әдістемесін жетілдіру үшін, Қазақстанда 1971-1972 жылдары Алматы геодинамикалық полигонын құрылды. Аймақтық жағынан қарағанда полигон Іле Алатауының солтүстік жарының ортасы мен жотасының ең биік бөлігінің Іле тауы арасындағы ойпатына қосылған және Алматы қаласының аумағында орналасқан. Полигонның территориясы Алматы, Іле, Боралдай және басқа да терең бұзылыстар сияқты үлкен құрылымдық блоктардан тұрады, олар одан да жоғары қатардағы геологиялық бұзылыстармен байланысқан. Блоктардың өздерінің жарылым жүйелері бар. Жарылымдардың өзара байланысы мен оның әсерінен жер қыртысы қабатының ауысуы аймақтағы тектоникалық бұзылыстардың жүйесін құрады және де осы күнгі горизонталь және вертикаль қозғалыстардың тәртібін анықтайды.

Алматы геодинамикалық полигонының ерекшелігі – оның пландық және биіктік тораптары жер қыртысының осы заманғы қозғалыстарын (ЖОЗҚ) зерделеу үшін құрылған. ЖОЗҚ зерттеу – Алматы полигонында жүргізілетін, нивелирлік және сызықтық-бұрыштық өлшеулерден, еңкіш-деформографиктік және жерсеріктік бақылаулардан тұратын кешенді жұмыстардың бір бөлігі.

Бақылау тораптарын таңдау қиын да жауапкершілігі мол мәселе, оған полигоннан алынатын барлық мәліметтер тікелей байланысты.

Полигонның нивелирлік торабы меридианальдық трассалар мен тұйықталған ендік жүрістердің жүйесінен құрылған және 200 км² алданды алып жатқан 12 полигоннан тұрады. Бұл торап 1967 жылдан бері нивелирленуде және осы аралықта 20 рет қайталанған өлшеулер жүргізілді. Іле ойпатының солтүстік жағы мен Дмитриевка аулы арқылы өтетін ендіктен басталып Кіші және Үлкен Алматы өзендерінің шатқалы бойынша жүретін Медеу ендігімен аяқталатын нивелирлік сызықтардың жалпы ұзындығы 200 км және онда іргелі 200 репер салынған. Нивелирлеу жұмыстары 1-кластық жетілдірілген бағдарлама және ЦНИГАИК ұсынған әдістеме бойынша жүргізілді (24сурет).



24 сурет – Алматы геодинамикалық полигонының сызықтық-бұрыштық торабы

Жүргізілген жүйелі бақылаулар нәтижесі жоғары градиентті вертикаль қозғалыстардың бар екендігін және олардың сесеймикамен байланыстылығын айқындады. Әсіресе, осы бақылаулар ішінде созылған меридиандық сызықтардағы нәтижелер өте қызушылық туғызды. Геодезиялық бақылаулар порлигон аумағындағы жер қыртысының әжептуір қозғалыстарын анықтады, мәселен вертикаль қозғалыстардың жылына 20 мм екендігі әлемдік қозғалыстан 4-5 рет асып кеткен. Ең көп тараған қозғалыстар: Алматы ойпаңының оңтүстікке қарай еңкейгендігі және Іле Алатау қыратының солтүстікке қарай бүгілгені.

Сызықты-бұрыштық торап сұлбасы тектоникалық блоктармен байланысты. Жобалы геодезиялық торап қабырғасы орташа 7,7 болады, 21 пункттен тұрады, 515 км² ауданды жобалы. Сызықты және бұрыштық өлшеулерден басқа II класты нивелирлеумен және астроанықтаулармен қамтылған.

Сызықты бұрыштық тор 21 пунктті құрайды жалпы Чиі қаратының оңтүстік бөлігін алып жатыр, тау алдындағы бүгілген және Іле Алатау жотасының етегін алып жатыр. Пункттер әртүрлі тектоникалық блоктарда орналасқан тораптан екі түйінді атап көрсетуге болады: бірінің тау алды арасынан бағыты бар және 7 тектоникалық блокты қияды; екіншісі- тау алды шатқалы арасында 5 блокты қияды. Ықтимал қателіктерді болдырмау үшін, үлкен торапта тұрғызылған, 3 локалды төртбұрыш 2,2-5,4 км

кабырғаларымен тұрғызылды. Олардың төбелерінің бір бұзылыстарда, ал екеу-басқа жағында орналасқан. Олардың өзара тұрақтылығын бақылау мүмкіндігі туады, ал ұзындықтың кішірею өзара жағдайының дәлдігін анықтайды.

Алматыдағы ГДП да көлденең бақылаулары үшін екі геодезиялық тортбұрыштың сызықты-бұрыштық торабы қолданылған, олар Верненский жер сілкінісіндегі эпицентрлік зонада орналасқан.

Бақылау нәтижелері полигонның әр бөлігінде деформацияланудың әртүрлі көрністерін көрсетті. Полигонның бұл бөліктерінің шекаралары нольдік изосызықтармен белгіленген және олар Алматы мен Тауалдынғы жарылымдармен шектелген. Полигонның бір бөлігінің бүгілуі Алматы депрессиясы процесінің жалғасы болып келеді, ал екінші зонадағы қозғалыс –ол Іле Алатау қыратының көтерілуінен туындайды.

Адамзаттың табиғи ортаға тигізіп жатқан техногендік әсері тек экологиялық тепе-теңдікті бұзып қана қоймай, аумақтағы геодинамика процесіне де зор әсерін тигізеді. Адамзаттың инженерлік қызметінің әсерінен, яғни үлкен аумақтарда тау-кен жұмыстарын жүргізудің жер сілкінулерге әкелетіндігі әлемдік практикадан белгілі.

Техногендік полигондар кен орындарын игеру және жерасты суларын пайдаланатын аумақтарында құрылады. Мәселен, жерасты суларын, мұнай мен газдарды, шахта қызбалары және т.б. шығарудағы инженерлік қызмет жер бетінің сырғуына және жылжуына әкеліп соғады.

Бірнеше мәліметтер келтірелік. Мәселен, Донбасс, Мәскеу, Қарағанды және басқа көмір бассейндері төңірегінде жер бетінің 2 м –ден аса төмендегені байқалды. Жер бетінің шөгуі тек тау-кен жұмыстарының әсерінен ғана емес, жерасты суларын үздіксіз пайдаланудан туындауда. Жер бетінің шөгуімен қатар, кейбір жерлерде жоғары кеөктерілулер де байқалады.

Сумен қамтамасыз етуге байланысты жерасты суларын үздіксіз шығару да жер бетінің жылжуын туғызады. Мысалы, Калфорния штатындағы Джакин өзені алқабында 22 жыл бойы жерасты суларын шығару жер бетінің 4,4м дейін, Мехико қаласының кейбір аудандарында соңғы 30 жыл ішінде 6м дейін шөгуіне әкеліп соқты.

Полигондарды таңдауға қойылатын талаптар:

1. Кен орны игеруде ұзақ мерзім болмауы керек және күшті мұнай-газ бен сулы қабаттарды иелік ету қажет
2. Кен орны аралас эксплуатирлеуден аумақ болу керек, арақашықтықтығы 40-50 км..
3. Кеңдерді үздіксіз игеру
4. Кен орны территориясы мүмкіндігінше геодезиялық өлшеулерді орындауда ыңғайлы болуы керек.

5. Мұнай кен орындарын игергенде еске сақтау қажет, яғни мұнай пластарының тығыздалуын және жерасты суларын сорып шығарудан жер бетінің шөгуін.

6. Қатты пайдалы қазбаларды өндіргенде геодезиялық полигондардың атқаратын қызметіне жерасты суларын тартудан жер бетінің шөгуіне байланысты мәселе де кіреді.

Рекогносцировка кезінде камералдық жоба толықтырылады, ескі тораптардың пункттері ізделеді және жаңа пункттер орындары белгіленеді. Іргелі реперлерге ерекше назар аударылады оларды геологтар таңдайды.

Бакстапқы мәліметтердің жетіспеушілігінен кен орны шекарасы мен тірек реперлерінің арасындағы ілмелі жүрістер ұзындықтары жер асты қазбаларының терндіктерінен 6-8 есе кем, кейбір жағдайда 5 км ден кем болмауы қажет.

Полигондағы нивелирлік торапты кен орнының аумағында және одан тыс орналасқан жұмыс істемейтін терең ұңғымалардың шегендеу трубаларына байланыстыру қарастырылады.

Профильдік сызықтар реперлермен бекітіледі, олардың түрлері Инструкция арқылы анықталады Көршілес реперлердің арақашықтығы 2 км –ден аспайтын кен орны зонасының шегінде болу керек және сызықтарда 4-5 км, осы зона шегіне кіретін іргелі реперлер бөлек полигондар тораптарының түйіндерінде, сонымен қатар радиалды сызықта олардың арасындағы арақашықтық 15-20 км аспау керек. Кен орны зонасындағы фундаменталды реперлер саны 4 -тен аспау керек. Полигон территориясында 2 класты нивелирлеу сызықты қиылыстыратын жүйе түрінде қолданылады, 25-30 км периметрлі полигонды құрайды. Сызық соңдары кен орны қиылысулары, олардың шекарасынан 5 км дейін шығып тұру кере және олар іргелі реперлермен бекітіледі.

Полигонды нивелирлеу 2 класс бағдарламасы бойынша ыңғайлы уақытта орындалады. Бірінші қайталау нивелирлеуі бастапқыдан 3-4 жыл өткен соң жүргізіледі.

Кен орындары шоғырланған аудандарды сейсмикалық активті жоғары техногендік және сейсмотектоникалық қозғалыстар қиындата түседі. Техногендік қозғалыстар жылдамдығы бес факторға байланысты:

- 1) мұнай кен орнының ауданы;
- 2) сұйықтықтың жылдық қосынды алынуы (мұнай, су);
- 3) 1 жыл ішінде еңдірілетін газ көлемі;
- 4) кен орнындағы жерқойнауы суы;
- 5) жоғарғы горизонттың тереңдікке жатуы;
- 6) мұнайға толық горизонт қалыңдығының эффекті қосындысы.

Сейсмокөрініс және жер қыртысының вертикаль қозғалыстарының (ЖҚВҚ) жылдамдығымен байланыс орнату үшін геофизикалық өзгерулері,

гидрохимиялық, гидрогеологиялық және әртүрлі кешенді бақылаулар үздіксіз жүргізіп отырылуы қажет.

Бақылау сұрақтары:

1. Жоғарғы геодезия қандай геодинамикалық есептерді шешеді?
2. Жер серікті позициялық жүйе геодинамикалық зерттеулерде қалай қолданылады?
3. Геодинамикалық есептерді шешкенде қандай Жер серіктік жүйелер қолданылады?
4. Геодинамикалық полигон болжамын талап ететін тандауды атаңыз.
5. Техногенді полигон тандауындағы талаптарды атаңыз.
6. ГДП территориясында локальды және алаңды жобалық тораптар қандай түрде құрылады?
7. Геополигон аумағында жоғарғы дәлдікті нивелирлеудің орындалу мақсаты?

ГЛОССАРИЙ

Геодезиялык базис – үлкен дәлдікпен өлшенген және триангуляцияның жақтарын анықтауға арналған екі бекітілген жергілікті жердегі нүктелердің арақашықтығы.

Базистік тор – триангуляция жағының өлшенген базисті байланыстыратын жергілікті жердің геодезиялық құрылымы.

Өлшенген биіктегі теңдіктің салмағының мағынасы $\left(\frac{P}{p}\right)_{cp.} = \frac{n}{k}$, мұндағы

P - теңдіктің салмағы және p - өлшенген салмақтың негізгі саны. n - барлық өлшенген, k - керекті саны.

Геодезиялық көріністер – кедергіні ескермегендегі визирлі сәулет жапқыш. Атмосфералық жағдайдың деңгейі, визирлік мақсатты түсірудегі сапасына әсер кенде құралдық көру дүрбісі мен қарау.

Геодезиялық биіктік – референц жазықтығындағы жер бетінің биіктік нүктесі-эллипсоид нормаль биіктік пен аномаль биіктіктер қосындысы арқылы анықталады.

Гаусс проекциясы – жазықтыққа эллипсоид бетінің кескіні немістің ғалымы К.Ф. Гаусстың ұсынысы бойынша:

1) эллипсоид меридинасының біреуі ось ретінде және меридиана доғасының ұзындығы сақталғандағы жазықтықта абсцисса өсімен кескінделеді;

2) теңбұрышты проекция (бейнеленген фигураның жазықтағы бұрыштардың өзгермей сақталады).

Геодезиялық сызық – кез-келген беттегі ең қысқа ара-қашықтықтағы сызық.

Геодезиялық тор – жер бетіндегі пункттер жүйесі, жергілікті жердегі арнайы таңбалар мен центрлерден бекітіледі. Олардың жағдайдары планда және биіктікте анықталады.

Геоид – Деңгей бетте болған, ашық теңіз бен тыныштық күйдегі мұхит бетімен сәйкелетін және материктер астымен жалғасқан Жер пішіні.

Геоцентрикалық координаттар – Пункттер тізілімінің жүйеленуі 1: 200 000 масштабтағы карта бетінде орналасқан немес жұмыс істелінген аудан аймағындағы, яғни онда атаулары мен пункт кластары тікбұрышты координаталары, абсолюттік биіктігі көрсетіледі.

Квазигеоид – Жер пішінін және оның гравитациялық алқабын М.С. Молоденский теориясындағы геоидқа жақын көмекші бет. Жер бетіндегі референц-эллипсоидының бетін астрономиялық, геодезиялық және локальды гравиметриялық өлшегендегі нәтижелерге салыстырмалы түрде қатаң анықталады.

Координатты зоналар – Жер бетінің бөліктері екі меридианмен шектелген, олардың әрқайсысы СССР-да қабылданған Гаусс проекциясы бойынша бейнеленеді. Зоналар бойлық бойында 6° және 3° өлшемде болады.

Космостық (зарыштық геодезия) – бұл геодезияның бір бөлімі, жасанды Жер спутнигін геодезиялық мақсатта пайдалануда оқиды.

Лазерлік ай локациясы - Луноходах пен Аполлонах орналасқан сәуле түсіругішке дейінгі арақашықтықта өлшеу әдісі.

Лаплас пункті – астрономиялық азимут, бойлық және ендікті анықтайтын геодезиялық пункт.

Геодезиялық меридиан – Жер бетіндегі барлық нүктелері бірдей геодезиялық бойлықта орналасқан (болатын) сызық.

Астрономиялық нивелирлеу- геоидтың құлау сызықтарының биіктерін анықтау, ал геометриялық нивелирлеу-референц-эллипсоидтағы жер бетінің биіктік нүктелерін анықтау.

Астрономия-гравиметрикалық нивелирлеу – нивелирлеу маңайындағы референц-эллипсоидтағы құлау сызықтары мен ауырлық күшінің аномалиялары арқылы квазигеоида бетіндегі биіктік нүктелерін анықтау.

Тригонометриялық нивелирлеу – бір нүктеден екінші нүктеге өлшенген бұрыштың ауытқу сызықтары және осы нүктелер арасындағы өлшенген арақашықтық арқылы жер бетінің биіктік нүктелерінің әртүрлілігін анықтайтын әдіс.

Нормальды қиылыс – нормаль арқылы белгілі бір нүктеге өтетін жоғарғы беті мен жазықтықтың қиылысу сызығы. Ауырлық күшінің нормальды анықталуы – нормальды жер деп аталады, Жердің теоретикалық моделіне негізделген ауырлық күшінің анықталуы.

Жалпы жер эллипсоиды – геоидының жоғарғы бетіне ең жақын орналасқан жер эллипсоиды. Жалпы жер эллипсоиды 3 жағдайда арқылы анықталады:

- 1) Жер осінің айналу жағдайы мен эллипсоидтың кіші осінің айналу ұқсастығы;
- 2) Жер массасының центрі мен эллипсоид центрінің ұқсастығы;
- 3) Геоидтың эллипсоидтан орташа квадраттық өсімінің минимумы.

Тіктеуіш сызықтар- белгілі бір нүктеге ауырлық күшінің векторының бағытталуы. Астрономиялық бақылауларға қарағанда, тіктеуіш сызықтар астрономиялық координаталар, яғни бойлық пен ендікке негізделген.

Полигонометрия – Жер бетіне үзін сызық немесе үзін сызықтардың өз-ара бір-бірімен байланысқан жүйелерінде салу барысындағы геодезиялық пункттердің жағдайын анықтайтын әдіс, яғни олардың барлық бұрыштары мен қабырғалары өлшенеді.

Тартылу күшінің потенциалы – физикалық шама, берілген нүктенің тартылу күшінің полесін мінездейді. Тіктеуш сызық деп тартылу күшінің векторы бағытталған сызық.

Пункттер ортасына келтірілген бағыт - визирлік мақсатпен теодолит жағдайын орталау бағытын өлшеуде түзетулер енгізу арқылы орындалады.

Геодезиялық торларды байланыстыру – бұрын құрылған торларға бастапқы негіз ретінде торлар элементтерін құру немесе оларға бірлесу мақсатында қосылу.

Кеңістіктегі тікбұрышты координаталар – үш өлшемді сызықтың тікбұрыштық координаталар жүйесі XYZ жер эллипсоидының центріндегі бастапқы координат, Z ось эллипсоидтің кіші ось бағытымен (айналу осі) солтүстікке қарай, X осі бірінші геодезиялық бойлық бойымен алғандағы меридиан жазықтығында $L = 90^0$.

Меридиан қисығының радиусы – M әріпімен белгіленеді және осы нүктедегі геодезиялық ендіктің функциясы болып табылады.

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{3/2}}.$$

Гаусс проекциясындағы редукция арақашықтығы – эллипсоидтың жоғарғы 2 нүктенің арақашықтығын біріктіретін және жазықтықтағы көрініс пен нүкте арақашықтығы көрсететін түзету болып саналады.

Гаусс проекциясындағы редукция бағыты – өлшенген бағыттан қисыққа енгізіледі, эллипсоидтың 2 нүктесін қосатын бұл қисықтық хордасына жазықтықтағы геодезиялық сызықты кескіндеу.

Референц-эллипсоид – геодезиялық торлар есептелуі мен қабылданған өлшемдегі эллипсоидтықайналуы жер қабатындағы дәлдікпен анықталған.

Ауырлық күші – жер бетіне тартылу және центрге тартқыш күші бірдей күштер Жердің айналасындағы айналу осьтерінің нәтижесінде пайда болады.

Спутниктік альтиметрия – жер бетіндегі эллипсоидқа қатысты әлемдік мұхиттағы квазигеоид биіктігін анықтаудағы әдіс.

Триангуляция – геодезиялық пункттердің құру жолымен жергілікті жердегі аралас орналасқан үшбұрыштар жүйесін анықтаудағы пландық әдіс.

Трилатерация геодезиялық пункттерді құру жолымен жергілікті жердегі аралас орналасқан үшбұрыштар жүйесінің 2 жақ бетінің ұзындықтары өлшенетін әдіс болып саналады.

Тіктеуіш сызықтардың ауытқуы- астрономо-геодезиялық жер бетіндегі және референц- эллипсоид бетін нормалі арасындағы бұрыш.

Деңгей бет – бет тік бұрыш жасап оның барлық нүктелерінде қиып өтетін тіктеуіш сызық.

Фундаменталді геодезиялық тұрақтылық – Жер моделі физикалық дене ретінде эллипсоид айналу түрінде мінезделінеді

Астрономиялық ендік – ол жер бетіндегі белгілі бір нүктедегі тіктеуіш сызық бағыты мен аспан экваторындағы жазықтық арасындағы бұрыш. Бұл бұрыш Жердің айналу осі мен берілген горизонт нүктесіндегі жазықтық арасындағы бұрышқа тең.

Геодезиялық ендік – референц –эллипсоид бетіндегі нормальмен экватор жазықтығындағы белгілі бір нүкте арасындағы бұрыш.

Жер эллипсоиды – екі осьтік эллипсоид, яғни бұл геодезияда математикалық Жер фигурасы немесе Жер пішіні ретінде қабылданған бет.

Пайдаланылган әдебиеттер:

1. Машимов М.М. Геодезия. Теоретическая геодезия.- М.: Недра, 1991
2. Закатов П.С. Курс высшей геодезии.- М.: Недра, 1976
3. Яковлев Н.В. Высшая геодезия .-М.: Недра, 1989
4. Хаимов З.С. Основы высшей геодезии.- М.: Недра, 1984
5. Яковлев Н.В. Практикум по высшей геодезии.- М.: Недра, 1982
6. Болотов П.А. Практикум по основным геодезическим работам.- М.: Недра, 1977
7. Мазницкий А.С., Сова В.Г. Маркшейдерско-геодезические работы на месторождениях нефти и газа.- М.: Недра, 1979
7. Липкин И.А. Спутниковые навигационные системы.- М.: Вузовская книга, 2001
8. Морозов В.П. Курс сфероидической геодезии.- М.: Недра, 1979
9. Бойко Е.Г. и др. Использование искусственных спутников Земли для построения геодезических сетей.- М.: Недра, 1979
10. Машимов М.М. Уравнивание геодезических сетей.- М.: Стройиздат, 1975
11. Инструкция о построении государственной геодезической сети, ГУГК.- М.: Недра, 1979
12. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов, ГУГК.- М.: Недра, 1970
13. Инструкция по вычислению нивелировок, ГУГК.- М.: Стройиздат, 1989
14. Земцова А.В. Преобразование координат геодезических пунктов из системы в систему, мет. указания.- КазНТУ, 2005
15. Земцова А.В. Предварительные вычисления в триангуляции, мет. указания.- КазНТУ, 2004
16. Земцова А.В. Измерение горизонтальных направлений и углов, мет. указания.- КазНТУ, 2005
17. Земцова А.В. Геодезические работы на ГДП.- Алматы, 1998
18. CREDO. Инженерно-геодезические и землеустроительные работы, НПО «КРЕДО-ДИАЛОГ», Минск, 2000.
19. CREDO. От изысканий до проекта. НПО «КРЕДО-ДИАЛОГ» Минск, 2000.
20. Геодезия и картография, журнал М.: Недра
21. Маркшейдерский вестник, журнал М.: П-центр
22. Нурпеисова М.Б., Касымканова Х.М., Кыргызбаева Г.М. Прогноз и изучение геодинамических процессов в толще горных пород и земной поверхности. -Материалы Международной конф. «Инновационные

технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами». 2012.

23. Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М., Айтказинова Ш. Перспективы использования современных приборов для геомеханического мониторинга природно-технических систем.- Тезисы Международной конф. «Горное дело и металлургия в Казахстане. Состояние и перспективы».2012.

24. М.Б.Нурпеисова, К.Т.Менаяков, Г.М.Кыргызбаева Методика прогноза техногенной опасности территории по данным геодезических и спутниковых измерений.- Тезисы Международной конф. «Горное дело и металлургия в Казахстане. Состояние и перспективы»

25. Қырғызбаева Г.М., Земцова А.В. Горизонтальды бағыттар мен бұрыштарды өлшеу, әдістемелік нұсқау.-ҚазҰТУ, 2012, 21 б.

26. Қырғызбаева Г.М., Земцова А.В.,Триангуляциядағы алдын ала есептеу, әдістемелік нұсқау. –ҚазҰТУ, 2012. 34 б.

27. Қырғызбаева Г.М., Плотникова Е.В. «Жоғарғы геодезия» пәнінің оқу тәжірибесі бойынша әдістемелік нұсқаулық. –ҚазҰТУ, 2012, 27 б.

Мазмұны

	КІРІСПЕ.....	3
1	ЖОҒАРҒЫ ГЕОДЕЗИЯ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК	5
1.1	Жоғарғы геодезия пәні және міндеттері.....	5
1.2	Жер эллипсоидының негізгі түсініктемелер мен анықтамалар..	7
1.3	Жоғарғы геодезияда қолданылатын координаталар мен биіктік жүйелері.....	11
2	ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТІРЕК ТОРАПТАР.....	16
2.1	Геодезиялық тірек тораптары, олардың мағынасы, сұлбасы және құрастыру принципі.....	16
2.2	Мемлекеттік геодезиялық тораптарды құрудың схемасы.....	17
2.3	Геодезиялық тораптарды дамытудағы негізгі бағыттар.....	20
2.4	Мемлекеттік және арнайы торларда пункт тығыздығы және осы торларды құрудағы дәлдік.....	22
3	ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТІРЕК ТОРАПТАРДЫҢ ЖОСПАРЛЫҚ ӘДІСТЕРІН ҚҰРУ.....	25
3.1	Мемлекеттік геодезиялық тірек тораптардың құрудағы әдістер.....	25
3.1.1	Астрономиялық әдіс.....	25
3.1.2	Трингуляция әдісі.....	26
3.1.3	Полигонометрия әдісі.....	26
3.1.4	Трилатерация әдісі.....	26
3.1.5	Радиогеодезиялық әдіс.....	27
3.2	Жердің жасанды серіктерін геодезиялық тораптарды құруда пайдалану.....	27
3.2.1	Жердің жасанды серіктерін геодезиялық мақсатта қолданудың жалпы принциптері.....	27
3.2.2	Доплер әсері	30
3.3	Геодезиялық тораптарды құруда GPS-технологиясын қолдану	31
3.3.1	Геодезиялық тораптарды құруда GPS-технологиясымен жұмыс істеу тәртібі.....	31
3.3.2	Жергілікті координат жүйесін трансформациялау.....	34
3.4	Негізгі геодезиялық желілерді құрудың кезендері.....	36
3.4.1	Жоспарлық желісін құру кезіндегі жұмыстың негізгі процесі және оны ұйымдастыру.....	36
3.4.2	Тірек геодезиялық торабын жобалау.....	36
4	ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ БҰРЫШТЫҚ ӨЛШЕУЛЕР.....	41
4.1	Жоғары дәлдікті бұрыш өлшегіш аспаптар.....	41
4.2	Электронды теодолиттер. Роботталған тахеометрлер.....	45
4.3	Жоғары дәлдікті бұрыштық өлшеулердің қателіктер көздері...	47
4.4	Жоғары дәлдікті бұрыштық өлшеулер тәсілдері.....	49

4.5	Келтіру элементтерін анықтау.....	52
5	ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ СЫЗЫҚТЫҚ ӨЛШЕУЛЕР.....	55
5.1	Сызықтық өлшеу аспаптарының дамуы.....	55
5.2	Жарық сәулемен қашықтықты өлшеу.....	56
5.3	Қашықтықты өлшеудің электрондық әдістері.....	58
5.4	Қашықтық өлшелерінің аспаптарының жіктемесі.....	59
6	ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТОРАПТАРДЫ ТЕҢЕСТІРУ.....	63
6.1	Геодезиялық тораптардың алдын-ала есептері.....	63
6.1.1	Үшбұрыштардың алдын ала есептеуі және сфералық артықшылығын жою.....	64
6.1.2	Центрлеу және редуцирлеу үшін түзету есептері.....	64
6.1.3	Жақындатылған тік бұрышты координаттар есептері.....	65
6.1.4	Жазықтықтағы геодезиялық сызықтың бейне қисықтығы себебінен бағытты түзету есебі.....	65
6.1.5	Жазықтыққа шоғырланған және белгілердің центріне келтірілген бағыттардың келтірулерін құру.....	66
6.2	Геодезиялық тораптарды коррелаттық әдіспен теңестіру.....	66
6.2.1	Геодезиялық тораптарды теңестірудің коррелаттық әдісі.....	67
6.2.2	Геодезиялық тораптарды теңестірудің параметрлік әдісі.....	70
7	ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТІ НИВЕЛИРЛЕУ.....	74
7.1	Мемлекеттік нивелирлік тораптың құрылу сұлбасы және міндеті.....	74
7.2	Жоғарғы дәлдікті нивелирлер және инварлы рейкалар.....	75
7.3	Жоғарғы дәлдікті нивелирлеу әдісі.....	77
8	СФЕРОИДТІК ГЕОДЕЗИЯ.....	81
8.1	Сфероидтік геодезияның түсініктемелері мен анықтамалары...	81
8.2	Сфероидтық геодезиядағы координаттар жүйесі.....	83
8.3	Әртүрлі эллипсоидтағы координаттар жүйесінің параметрлерге қатынасын орнату.....	86
8.4	Эллипсоид бетінде бас геодезиялық есептеулерді шешу	91
9	ТЕОРИЯЛЫҚ ГЕОДЕЗИЯ.....	102
9.1	Жердің гравитациялық өрісі	102
9.2	Деңгейлі беттер.....	104
9.3	Тіктеуіш сызығының ауытқуы.....	105
9.4	Геодезиядағы редукциялық есеп.....	109
10	ГЕОДИНАМИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР.....	112
10.1	Геодинамикалық зерттеулердің түсіктемесі.....	112
10.2	Геодинамикалық зерттеулер үшін Жер серіктік позициялық жүйелерді қолдану.....	114
10.3	Геодинамикалық полигондар.....	115
	ГЛОССАРИЙ.....	125
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР.....	128

Оқулық басылым

Гүлдана Мейрамбекқызы Кыргызбаева

ЖОҒАРҒЫ ГЕОДЕЗИЯ

Оқу құралы

РБ бастығы	<i>З. А. Ғұбайдулина</i>
Редакторы	<i>Г. Қ. Оңкебаева</i>
Компьютерлік беттеу	<i>Д. Ш. Тажиева</i>

Басуға қол қойылды 22.09.2014 ж.
Таралымы 300 дана. Пішімі 60x84 1/16. №1 баспаханалық
қағаз. Көлемі 9,4. е-б.т. 8,7 ш.-б.т.
Тапсырыс № 9. Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы,
Оқу-баспа орталығы.
Алматы, Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-641-0



9 786012 286410