

Әбіләзімов М.С.  
**Жерсеріктік технологияны  
қолданбалы геодезияда  
пайдалану**

Түрлі физикалық-географиялық жағдайларда өлшеулер жүргізу мүмкіндігі бар әртүрлі ұзақтықтағы желілердегі заманауи жерсеріктік координатаны анықтаудың жоғары дәлдігі қолданбалы геодезияның кең ауқымды есептерін шешу кезіндегі жерсеріктік әдістерді тиімді қолдануға алғышарт жасады. Жерсеріктік жүйе арқылы нүкте орнын анықтау кезінде арнайы жерсеріктік қабылдағыштар қолданылады. Бұл қабылдағыштардың да өзіндік ерекшеліктері бар. Нүкте орнын жоғары дәлдікпен анықтау үшін жерсеріктік қабылдағыштардың жұмыс істеу режимдері бар. Жалпы жерсеріктік технологияны қолданып, әртүрлі геодезиялық және геодинамикалық мәселелерді шешуге, геодезияның бірнеше бағыттарында қолдануға болады. Бұл мақалада геодезиялық жұмыстардың негізгі әдістері, тәсілдері, технологиялары және нормалары баяндалған.

**Түйін сөздер:** геодезия, жерсеріктік қабылдағыш, жерсеріктік өлшеу әдістері, дифференциалдық әдіс.

---

Abilazimov M.  
**Application of satellite  
technology in Applied Geodesy**

High precision of modern satellite coordinate determination on lines of different lengths, combined with the possibility of carrying out measurements in a variety of geographical conditions created prerequisites for the effective use of satellite methods for solving a wide range of applied geodesy. During the positioning point via satellite system there are usually used satellite receivers. These receivers also have their own characteristics. There are special operating modes of satellite receivers to the precise point positioning. It is possible to solve various surveying and geodynamic problems with help of satellite technology, as well as to use them in several areas of geodesy. This article describes the basic methods, techniques, standards and technologies surveying.

**Key words:** geodesy, satellite receivers, differential methods.

---

Әбіләзімов М.С.  
**Применение спутниковых  
технологий в прикладной  
геодезии**

Высокая точность современных спутниковых координатных определений на линиях различной протяженности в сочетании с возможностью проведения измерений в самых разнообразных физико-географических условиях создали предпосылки для эффективного использования спутниковых методов при решении широкого круга задач прикладной геодезии. Во время определения местоположения точки с помощью спутниковой системы применяются спутниковые приемники. Эти приемники также имеют свои особенности. Существуют специальные рабочие режимы спутниковых приемников для сверхточного определения местоположения точки. С применением спутниковых технологий можно решать различные геодезические и геодинамические проблемы, а также использовать их в нескольких направлениях геодезии. В этой статье описаны основные методы, способы, технологии и нормы геодезических работ.

**Ключевые слова:** геодезия, спутниковые приемники, дифференциальные методы.

## ЖЕРСЕРІКТІК ТЕХНОЛОГИЯНЫ ҚОЛДАНБАЛЫ ГЕОДЕЗИЯДА ПАЙДАЛАНУ

### Кіріспе

Соңғы уақытта техникалық өлшеу құралдары – жерсеріктік геодезиялық және навигациялық қабылдағыштар танымастай өзгерді. Осыған байланысты жерсеріктік қабылдағыштарды құру мен пайдалану мәселесі бойынша басылымдар шығарылды, олардың пайдаланылуын регламенттейтін жеке нормативтік-техникалық актілер жасалды. Бір айта кететіні, жерсеріктік технологияны қолдану мәселесі бойынша нормативтік-техникалық және оқу-әдістемелік әдебиет жеткілікті түрде шығарылмады, және де бұл заманауи геодезия үшін үлкен мәселе тудырды.

Классикалық және жерсеріктік әдістер арасындағы айырмашылық мынада: классикалық геодезияда өлшеулер тік желіге қатысты (немесе геоид бетіне қатысты) жүргізіледі, яғни өлшеулер негізінде физикалық өлшеу принципі жатады. Нәтижесінде, классикалық әдіспен құрылған геодезиялық желілер жоспарлы және биіктіктегі болып бөлінеді. Жерсеріктік әдістер негізіне координата жүйелеріне қатысты инварианттық шама болып табылатын және геоидпен байланысу мүмкін болмайтын қашықтықтар өлшенетін геометрикалық өлшеу принципі кіреді. Сондықтан жерсеріктік әдістерге байланысты маңызды мәселенің бірі – бұл алынған координаталардың мемлекеттік координата мен биіктік жүйесіне өзгеруі.

### Зерттеу әдістемесі

*Жерсеріктік қабылдағыштардың жіктелуі.* GPS-тің барлық қабылдағыштарын екі категорияға бөлуге болады: үздіксіз кем дегенде 4 жер серігін бақылай алатын, көпарналы қабылдағыштармен, жерсеріктермен біреуінен – екіншісіне тізбектей ауысып, қосыла жұмыс істейтін бір арналы қабылдағыштар. Бұл категориялардың әрқайсысының ішінен көптеген топтарды бөлуге болады.

*Тізбекті бақылайтын қабылдағыштар.* Орынның нақты координаталарын анықтау үшін, барлық GPS қабылдағыштар – ақпаратты кем дегенде 4 жер серігінен алуы тиіс. Тізбекті қабылдағыштарды тек бір арнамен орналастырады. Оның көмегімен олар алдымен ақпаратты бір жер серігінен, содан ке-

йін екіншісінен, үшіншісінен, т.б. алады. Басқа қабылдағыштармен салыстырғанда олардың күрделілігі жоғары емес, демек қымбат емес. Сонымен қатар, олар шамалы энергияны тұтынады. Кемшілігі – жер серіктерін тізбектей қайта қосу, әрдайым позициялау процесінің үздіксіздігін қамтамасыз ете бермейді де, өлшеу дәлдігін шектейді. Бір арналы қабылдағыштар, динамикасы төмен объектілерде қолданылады. Бұл топқа – энергияны аз тұтынатын, арнаны лезде қосып тұратын бір және екі арналы қабылдағыштар кіреді.

*Энергияны минимал тұтынатын бір арналы қабылдағыштар.* Әдетте, бұл – миниатюрлі қоректену батареясынан жұмыс істеуге есептелген, портативті қабылдағыштар. Мұндай қабылдағыштардағы энергиямен қоректенуді шектеу үшін позициялау – өлшеулер арасындағы аралықтардағы қоректенуді автоматты түрде өшіріп отырады да, минутына 1 не 2 рет орындалады.

Бұл қабылдағыштар жаяу саяхаттағанда не ернеулі қоректендіру көздері жоқ кішкене кемелерде серуендегенде оның күйін анықтауға қолданылады. Оны жер шарының кез келген нүктесінде пайдалануға болады.

Мұндай қабылдағыштың басты кемшіліктері – дәлдігі төмен, шектелген жылдамдықты дәл өлшей алмайтындығы. Себебі, қабылдағыш өлшеулер аралығында өшіріліп қояды. Сондықтан, жылдамдықты есептеуге қажетті үздіксіз жұмыс қамтамасыз етілмейді. Сонымен қатар, мұндай қабылдағыштарда энергияны аз пайдаланатын сағаттар пайдаланылады және ол сағаттардың жүру дәлдігі жоғары емес. Бұл қабылдағыштар негізінен навигациялық мақсатта қолданылады.

*Бір арналы қабылдағыштар.* Мұндай қабылдағыштар, барлық жер серіктерінің ұзақтығын өлшеу үшін бір арнаны пайдаланады. Олардың басты артықшылығы – энергияны тұтыну бойынша шектеудің болмауы. Ал негізгі артықшылығы – бұл қабылдағыштар үздіксіз жұмыс істей алады.

Бұл олардың бағытының едәуір үдеуі немесе күрт өлшеуі болмаған кездегі жылдамдығын өлшеу мүмкіндігі мен жоғары дәлдігін анықтайды (бірақ үздіксіз). Жалғыз арна жер серігінен ақпараттарды жинау мен олардың ұзақтығын есептеу үшін де қолданылатындықтан, осы қабылдағыштардың көмегімен үздіксіз позициялау мүмкін емес. Бұл кластың кейбір қабылдағыштарында бағасын төмендету үшін өте арзан сағаттар қолданылады. Сондықтан, жылдамдықты өлшеу нәтижелері өте дәл болмауы да мүмкін.

*Арнаны жылдам қосатын бір арналы қабылдағыштар.* Бұл қабылдағыштар бір арналы қабылдағышқа ұқсайды. Бірақ, арнаны бір жер серігінен екіншісіне қосу әлдеқайда жылдам-мырақ. Мұндай шешімнің артықшылығы – олар жер серігіне дейінгі аралықты өлшеп, бір уақытта «ақпараттық мәліметтерді» қабылдай алады. Бұл олардың іс-әрекетінің үздіксіздігін қамтамасыз етеді.

Электрондық схемалардың техникалық күрделілігі түріне байланысты, бұл қабылдағыштардың бағасы едәуір тез, әрі дәл жұмыс істейтін екі арналы қабылдағыш бағасымен теңестіріледі.

*Екі арналы тізбекті қабылдағыштар.* Екінші арнаға байланысты мұндай қабылдағыштардың мүмкіндіктері айтарлықтай ұлғайтылуда. Біріншіден, сигнал қатынасы екі есе өседі. Ол қабылдағышқа сигналды сенімді, әрі қолайлы жағдайда алуға және көкжиекте орналасқан спутниктерді қадағалауға мүмкіндік береді.

Бұл типтегі қабылдағыштар позициялау үшін берілген арналардың біреуімен бір мезгілде үздіксіз қабылдап, ал екіншісі бойынша, келесі жер серігін ұстап алуға және олармен әрі қарай жұмыс істеуге даярлауға мүмкіндік береді. Демек, навигациялық деректерді екі арналы қабылдағыштарда жинау мен өңдеу процесі үздіксіз етеді. Ал жылдамдықты өлшеу процесі жоғары дәлдікте орындалады.

Екі арналы қабылдағыштың кемшілігі – құны жоғары, үлкен мөлшердегі энергияны қажет етуі.

*Үздіксіз әрекеттегі қабылдағыштар.* Мұндай қабылдағыштар бір уақытта 4 және одан да көп GPS жер серіктерін бақылайды. Сондай-ақ, олар дисплейге ағымды координаталар мен жылдамдық мәндерін лезде шығара алады. Олар өте жоғары дәлдікті талап ететін немесе динамикалық жұмыс жағдайларда жүргізілетін жерлерде қолданылады. Сондай-ақ, бұл қабылдағыштар көбінесе геодезиялық және ғылыми өлшеулерді орындаған кезде қолданылады. Бұл қабылдағыштарда 12 арнаға дейін бар. Объект координаталарын үздіксіз анықтаумен бірге, олар дәлдікті азайтудың геометриялық факторының әсерін минимумға дейін жеткізуге мүмкіндік береді (GDOP)[1].

Кейбір көп арналы қабылдағыштар өздерінің алдындағы барлық жер серіктерін қадағалайды. Ол – дәлдікті азайтатын геометриялық фактор әсерін нөлге дейін келтіруге мүмкіндік береді.

4 арналы қабылдағыштардың сигнал коэффициенті екі арналыға қарағанда 2 есе, ал 1 арналыға

қарағанда төрт есе үлкен. Мұнда арналарды бір-бірімен салыстыру қабылдағышты калибрлеуге мүмкіндік береді. Ол құрал-жабдық қателіктерінің салдарынан, дәлдікті төмендету мүмкіндігін жойды. Көп арналы қабылдағыштың кемшіліктеріне – олардың габаритін, құнын және тұтынатын қуатын жатқызуға болады.

Жаңа жүйелердің қабылдағыштары кездейсоқ жалған кодтарды да, ЖНЖС сигналының пайдалану жиілігін де бір уақытта қадағалап, жоғары дәлдікке жеткізеді. Бұл процесті «пайдаланушы арқылы қадағалау» деп атайды. Мұндай әдісті пайдалану дәлдігі жоғары қабылдағыштарға кездейсоқ жалған код бағытының азаюын тауып алуға мүмкіндік береді. Бұл уақытша аралықтың, соңында орын координатын өлшеудің өте жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, қабылдағышты бағалаған кезде пайдаланушы интерфейсіне назар аударған жөн. Дисплейге ендігі мен ұзындығының мәнінен басқа ештеңе бере алмайтын модельдер де кездеседі.

Қазіргі заманғы күрделі қабылдағыштар, базалы GPS ақпараттарын өңдеудің кешендік әдістерін пайдаланып, оған көптеген қосымшалар енгізеді. Олар ақпараттарды, рұқсат ету қабілеті жоғары дисплейге графикалық түрде немесе оларды компьютерге енгізілген карталарда көрсете алады [2].

Ұзындығы әр түрлі тораптардағы жерсеріктік координаттық анықтаудың жоғары дәлдіктегі өлшеулерін, алуан түрлі физика-географиялық жағдайларда жүргізуге, жерсеріктік әдістерді қолданбалы геодезияның ауқымды мәселелерін шешу кезінде тиімді пайдалануға алғышарттар жасады. Мұндай әдістер туннельдер, көпірлер құрылысында, магистральды құбырлар салуда, зарядталған бөлшектердің желілі күшейткіштері мен басқа да ірі инженерлік ғимараттарды құру, әрі қарай пайдалану кезінде қолданыла бастады.

Жерсеріктік әдістерді жоғарыда аталған жұмыс түрлерінде пайдалану ерекшелігі – тек маркіленген нүкте координаталарын жедел түрде жоғары дәлдікте анықтаумен бірге, белгіленген бағыттарды анықтау әдістерін жасаудан тұрады. Бұл кезде өлшеуді көбінесе, жер серігінен келіп түсетін радиосигналдарды, құрылатын объектілердің әр түрлі конструкциясымен жеке экрандау жағдайларында жүргізуге тура келеді. Аталған ерекшеліктер – өзіне теодолиттер, тахеометрлер, нивелирлер және лазерлі жүйелер сияқты дәстүрлі геодезиялық құрал-жабдықтарын жерсеріктік қабылдау аппаратурасы біріктіріп, геодезиялық

өлшеудің жерсеріктік әдістерінің үйлесімділігінің мақсатқа сай екендігін дәлелдейді.

Әр түрлі бөгеттерді салу кезінде геодезиялық жұмыстарды тек құрылыс процесінде ғана емес, сонымен қатар үлкен сыртқы қысымда орналасқан конструкция элементтерінде пайда болған деформация мен жылжуды идентификациялау және талдау мақсатында оларды пайдалану кезінде әрі қарай жүргізу қажет. Алынған ақпараттардың жоғары дәлдігі мен дұрыстығына жету үшін, жерсеріктік әдістерді көп жағдайда тахеометр мен жоғары дәлдікті нивелирді пайдалануға негізделген жердегі әдістермен біріктіреді. Жоғарыда айтылған техникалық құралдар мен әдістерді бірге қолдану – қауіпті деформация мен жылжуды дер кезінде жеткілікті әрі сенімді түрде анықтауға мүмкіндік береді.

Бұрыштар мен арақашықтарды өлшеуге негізделген жердегі әдістерді қолданғанда торап геометриясын жақсарту мақсатында, қосымша пункттерді ұйымдастыру қажеттілігі туындайды. Ол сөзсіз қосымша техника-экономикалық шығындар мен басқа да қиыншылықтарды тудырады. Жердегі әдістерге қарағанда, жерсеріктік әдістер – пункттердің орналасу геометриясын талғамайды және тік сызықты жолдың бойында орналасқан пункттердің координаталарының анықтамаларын қажетті дәлдікпен толық қамтамасыз ету үшін жарамды [3].

Нүкте орнын анықтаудың абсолюттік әдісі. Жерсеріктік әдістермен нүкте орнын анықтаудың абсолютті, дифференциалды немесе салыстырмалы әдістері бар. Жерсеріктік координаталық өлшеуді орындаған кезде жер серігі мен қабылдағыш арасындағы арақашықтық басты анықталатын параметр болып есептеледі. Бірнеше жер серігіне дейінгі арақашықтықты бір мезгілде анықтау, кеңістіктік сызықты қиылыстыру әдісі мен бақылау пунктінің координаталарын есептеуге мүмкіндік береді. Бұл координаталар, өз кезегінде бір мезгілде жұмыс істейтін жерсеріктік қабылдағыштар орнатылған пункттер арасындағы координаталар айырымын, базистік сызық ұзындығын, азимуттық бағытты, сондай-ақ бірқатар басқа да көмекші параметрлерді анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін. Мысалы, қабылдағышты жылжымалы объектіге орнату кезінде, осы объектінің қозғалу жылдамдығы мен бағыты анықталуы мүмкін.

Шешілетін есептерге байланысты координаталарды анықтау әдістерін – абсолютті және салыстырмалы (дифференциалды) деп ажыратады. Бұл кездегі бірінші жағдайда қойылған есеп бір, жеке жұмыс істейтін жерсе-



ріктік қабылдағышты пайдалану негізінде шешілуі мүмкін. Екінші жағдайда, дифференциалды өлшеуге тән анықталатын жерлерге белгіленген пункттерде орналастырылған екі немесе одан көп, бір мезгілде жұмыс істейтін қабылдағыштар пайдаланылуы мүмкін. Бұл екі әдістің басты ерекшеліктері – дәлдігі бойынша едәуір айырмашылығы бар координаттарды алу, абсолюттік әдіске тән жүйелік сипаттарының қателіктерін есепке алу күрделілігімен түсіндіріледі. Мұндай тұжырымды дәлелдеу үшін, соңғы нәтижелерді есептеу кезінде қолданылатын негізгі қатынастарды талдайды [4].

Егер өлшеу сәтінде белгілі жер серігі координаталарын координатаның геоцентрлік жүйесінде  $X_c$ ,  $Y_c$  және  $Z_c$  арқылы, ал бақылау пунктінің белгісіз координаталарын  $X_n$ ,  $Y_n$  және  $Z_n$  арқылы белгілесек, онда осы екі нүкте арасындағы геометриялық арақашықтық мынандай аналитикалық геометрия негізінде анықталуы мүмкін [5]:

$$p = \sqrt{(X_c - X_n)^2 + (Y_c - Y_n)^2 + (Z_c - Z_n)^2}. \quad (1)$$

Есептелген арақашықтықтың дәл мәні  $R$  сағат жүрісінің синхронды еместігінен  $\delta t$  туған түзетуді ескере отырып, мына формуламен анықталады:

$$R = p + \vartheta \delta r. \quad (2)$$

(1) қатынасын (2) формуласына қойып, электромагнитті толқындардың таралу жылдамдығының  $v$  орташа мәнінің орнына, осы толқындардың атмосфераның  $\delta t_{\text{атм}}$  әсерінен, сәйкес уақыттың түзетулері бар вакуумдегі жылдамдығын  $v$  енгізе отырып, жер серігі мен қабылдағыш арасындағы өлшенетін арақашықтық  $R_{\text{өлш}}$  үшін мына формула алынады:

$$R_{\text{өлш}} = \sqrt{(X_c - X_n)^2 + (Y_c - Y_n)^2 + (Z_c - Z_n)^2} + c(\delta t_{\text{пр}} - \delta t_c) + c\delta t_{\text{атм}}, \quad (3)$$

мұндағы,

$\delta t_{\text{пр}}$  мен  $\delta t_c$  – жер серігі мен қабылдағыш сағаттар көрсеткіштердің эталондық уақытқа қатысты ауытқуы;

$\delta t_{\text{атм}}$  — атмосфераның әсерінен туған уақыттық кідірістер.

(3) формуладағы  $\delta t_c$  шамасы әрбір нақты жер серігі үшін басқару және бақылау сенсорының құрамына кіретін қадағалау станциясының көмегімен анықталады да, навигациялық

деректердің құрамында әрбір тұтынушыға беріледі. Осыны ескере отырып, абсолюттік әдіске тән дәрекі координатты анықтау кезінде қарастырылатын шаманы белгілі деп санауға болады.  $\delta t_{\text{атм}}$  түзету мәнін радиосигналдың ионосфера мен тропосфера арқылы өту кезінде пайда болған кідірістерді модельдеу негізінде есептейді. Нәтижесінде (3) формула құрамында төрт белгісіз мән болады: қабылдағыш күйі нүктесінің үш координатасы мен қабылдағыш сағатының жүру түзетпесі. Осы белгісіздерді табу үшін кем дегенде төрт жер серігінен бақылау жүргізеді. Олар әртүрлі жер серігіне дейінгі  $R_{\text{өлш}}$  қашықтықтың әртүрлі мәндеріне сәйкес келетін тендеулер жүйесін құрып, оны бірге шешеді. Координаталарды анықтаудың абсолюттік әдісінің потенциалды дәлдігін анықтау мақсатында, осы әдіске тиісті жеке қателік көздерінің әсерін бағалаймыз. Алдымен жер серігі координаталарын, яғни навигациялық деректер құрамындағы радиоарна бойынша берілетін оның эфемеридтері – метрлік дәлділік деңгейіндегі қателіктермен сипатталады. Қандай да бір жер серігі сағаттарының түзетілуі белгілі бір дәлділік деңгейіндегі қателіктермен сипатталады. Қандай да бір жер серігі сағаттарының түзетілуі белгілі бір нақты қателікпен жүзеге асырылады. Атмосфера әсерін модельдеу әдістері, координатты анықтау дәлдігіне елеулі әсерін тигізеді. Ионосфера әсері едәуір сенімді модельденеді. Алайда, екі жиіліктік қабылдағыштарды пайдаланған кезде аталған әсерді едәуір азайтуға болады. GPS-ке сәйкес жалпыға арналған кодтың негізделген абсолюттік әдіске тән жоғарыда келтірілген барлық әсерді сандық бағалау 1-кестеде берілген. Бұл деректер абсолюттік өлшеу әдісі үшін нәтижелі дәлділік, жалпыға арналған (C/A) кодты пайдаланғанда шамамен 8 м деңгейдегі қателікпен бағаланатынын көрсетеді. Бұл кезде C/A-кодты қолдануға тән әдістің ең төменгі сезгіштігі шамамен 3 м қателікке сәйкес келеді. Яғни, жоғарыда келтірілген қателіктердің әсерінен абсолюттік әдісті пайдаланған жағдайда, жалпыға арналған кодтық өлшеудің потенциалдық дәлдігін іске асыру мүмкін емес.

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

**1-кесте** – Қателікті мөлшерлік бағалау

№	Қателік көздері	С/А -код үшін тиісті абсолюттік анықтаудың қателіктер мәні, м
1	Ионосфера	7
2	Тропосфера	0,7
3	Көпжолдық	7,2
4	Қабылдағыштың шуы	1,5
5	Жер серіктік координаталардың уақытты қамтамасыздандыру қателіктері	3,6
6	Сомалық қателік	8,1

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

Мұндай тәсіл дифференциалдық жерсеріктік өлшемдердің кеңінен таралуын қамтамасыз етті. Ол жылжымайтын және жылжитын объектілердің координаталарын анықтауда табысты қолданылады. Ал соңғы нәтижелері тек «өңдеуден кейінгі өңдеу» процесінде ғана емес, нақты уақыт масштабында да алынуы мүмкін. Бұл кезде едәуір өңделген дифференциалды әдістерге тән дәлділік деңгейін абсолюттік әдіспен салыстырғанда, 100 еседен артық жоғарылатуға болады.

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

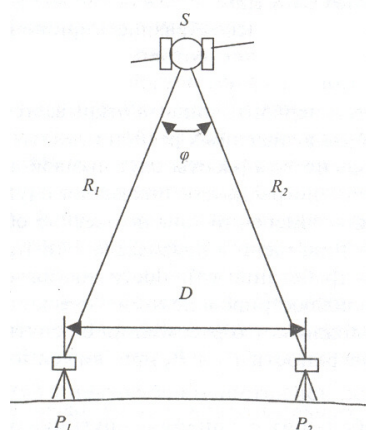
*Нүкте орнын анықтаудың дифференциалдық әдісі.* Бірнеше жер серіктіктері мен қабылдағыштар қатысатын жер серігін өлшеуді бір мезгілде орындау кезінде, әртүрлі есептемелердің мынадай түрлерін ұйымдастыруға болады:

- бір ғана жер серігін бір уақытта бақылау кезінде жерсеріктік қабылдағыштың әртүрлі нүктелерден алынған нәтижелерінің айырмашылығы;
- бір мезгілде екі немесе одан да көп жерсеріктерін бақылау кезінде бір қабылдағыштың көмегімен алынатын нәтижелер айырмашылығы;
- бір қабылдағышпен және уақыттың әртүрлі сәтінде бір жерсерігін бақылау кезінде алынған нәтижелер айырмашылығы;

– әртүрлі өлшеу түрлерін (мысалы, кодты әдістер мен тербелісті алып жүретін фазаны анықтау негізінде орындалатын басқа да комбинациялары болуы мүмкін (екі әртүрлі пайдалану жиіліктерінде  $L_1$  және  $L_2$  алынатын нәтижелер айырымы).

Енді оларды пайдалану негізінде алынатын әртүрлі айырымдарды ұйымдастыру артықшылықтарын қарастыралық. Бірінші нұсқаны іске асырған кезде, жерсеріктік аппаратура жұмысының жетілмеуіне байланысты тіркелген мәндеріндегі ауытқуларды алып тастауға мүмкіндік туады. Оларға өлшеуді орындау сәтіндегі жерсеріктік сағат көрсеткішінің қателіктері жатуы мүмкін.

Сонымен қатар, жер серігі эфемеридтерін білу дәлдігіне қойылатын талаптар да едәуір әлсірейді. Бұл жағдай сызбанұсқа түрінде 2-суретте бейнеленген.



**2-сурет** – ЖНЖС күйінің дәлсіздігінің әсері

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

$$\varphi \approx \frac{D}{R}, \quad (4)$$

деп алған жөн немесе  $\varphi = \text{const}$  екенін ескерсек,

$$\left| \frac{\delta D}{D} \right| \approx \left| \frac{\delta R}{R} \right|. \quad (5)$$

Радиоарна бойынша берілетін эфемерид мәндерінің қателіктері, бұл кезде өлшенетін арақашықтық ( $\delta R$ ) мәндеріндегі қателіктер бірінші жорамалда шамамен 20 м шамасымен бағаланады. GPS және ГЛОНАСС жүйелері үшін  $R \approx 20000$  км болғандықтан, ол былай болады:

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

Осыны ескере отырып, дифференциалдық әдісті қолданғанда базистік сызықтың ұзындығын, сонымен қатар бір миллиондық деңгейдегі екі пункттер арасындағы координаталар айырымын жер серігі эфемеридтерінің мәнін анықтаудың арнайы шараларына қабылдауға сүйенбей алу мүмкіндігі ұсынылады. Дифференциалдық әдісті пайдалану, аралық нәтижелерге атмосфераның әсерін тез азайтуға мүмкіндік береді. Өйткені, бұл жағдайда радиосигналдардың атмосфера арқылы өткен кездегі кідірісінің абсолюттік мәндерін емес, тек осы кідірістер айырымын ғана ескеру қажет. Олар салыстырмалы аз станция үрдісінде салыстырмалы кіші мәндермен сипатталады.

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

Екінші нұсқаның артықшылығы – екі жер серігіне дейінгі айырмашылықты пайдаланғандағы

соңғы нәтижелерді есептеуден туады. Осы айырмашылық – қабылдағыш сағаты көрсеткішінің дәл еместігінен туған түзетулерді алып тастауға және қабылдағыш жұмысымен байланысты жеке құрал-жабдық қателіктерін азайтуға мүмкіндік береді.

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

Әртүрлі өлшеу түрлерінің комбинациясын біріктіруге негізделген дифференциалдық әдіс түрлерінің төртінші нұсқасы, фазалық өлшеуді орындаған кезде бір мәнді нақты нәтижелерді алудың тиімді әдістерін іздеуге, біржиілікті қабылдағыштарымен жұмыс істеу кезіндегі ионосфера әсерін баяулатуға, сонымен қатар динамикалық жағдайда жұмыс істегенде, мысалы көлік құралдарын пайдаланғанда, жоғары дәлдікті жерсеріктік өлшеу әдістерін өңдеуге де бағытталған [5].

### Қорытынды

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, жерсеріктік әдістер барынша тиімді түрде геодезиялық желілерді құруға мүмкіндік береді. Бұған қоса, жерсеріктік әдістерді қолдану мүмкіндігі пайда болғаннан бері жер үстілік геодезиялық өлшеулерді пайдаланудан мүлдем бас тарту мүмкін емес екені түсінікті. Сондай-ақ, бұрын жер үстілік әдістер көмегімен алынған геодезиялық мәліметтерді де жоққа шығару мүмкін емес. Көбінесе, жер үстілік әдістермен құрылған геодезиялық желілер толық пайдаланылуы тиіс. Дәл осы желілер пунктіне қайта құрылған желілік тасымал құрылысы аумағындағы нысандар мен құрылыстар бекітілген. Осыған байланысты, жер үстілік және жерсеріктік әдістерді бірге пайдалану мәселесі туындайды.

### Әдебиеттер

- 1 Нұрпейісова М.Б. Геодезия: оқулық. – Алматы: ЭВЕРО, 2005. – 276 б.
- 2 Рысбеков Қ.Б. Жерсеріктік навигациялық жүйелер: оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2010. – 141 б.
- 3 Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. – М.: Картоцентр, 2004.

- 4 Насыров И.А. Введение в современные радионавигационные системы. – Ч. 1. – Казань, 2005.
- 5 Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. – М.: Картогеоцентр, 2004. – 355 с.

#### References

- 1 Нұрпейісова М.В. Геодезия – оқулық. – Алматы: JeVERO, 2005. – 276 б.
- 2 Rysbekov Қ.В. Zhersektiknavigacijalyқ zhyjeler. Оқи қуғалы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2010. 141б.
- 3 Genike A.A., Pobedinskij G.G. Global'nye sputnikovye sistemy opredelenija mestopolozhenija i ih primenenie v geodezii. – М.: Kartgeocentr, 2004.
- 4 Nasyrov I.A.. Vvedenie v sovremennye radionavigacionnye sistemy. – Kazan' – 2005. – Ch. 1.
- 5 Genike A.A., Pobedinskij G.G. Global'nye sputnikovye sistemy opredelenija mestopolozhenija i ih primenenie v geodezii. – М.: Kartgeocentr, 2004. – 355 s.