

Мукажанова А.Р., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-інің студенті  
Жупархан Б., магистр, аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ

ӘӨЖ: 528.(045)

## GPS ЖЕРСЕРІКТІК НАВИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІ

*В данной статье рассмотрено широкое пользование спутниковой навигационной системы GPS, обеспечивающая пользователям навигацию и позиционирование. Изложены особенности проектирования геодезических сетей, создаваемых спутниковыми методами, включая решение широкомасштабных геодезических задач с помощью спутниковых систем.*

*This article consider the widely using of satellite navigation system GPS, which provides navigation and positioning for users. In this article outlined the features of projecting geodetic networks, which are creating by satellite methods, also the solving of wide-scale geodetic problems with the help of satellite system.*

Қазіргі таңда GPS жүйесі ғаламдық масштабта қызмет ететін негізгі жерсеріктік жүйесі болып табылады. Жерсеріктік навигацияның потенциалдық мүмкіндіктері алғашқы жасанды жер серіктерін ұшырудан басталды. Жерсеріктік навигациялық жүйе барлық тұтынушыларға кез-келген жерде және кез-келген уақытта жоғарғы дәлдікте навигация мен позициялауды қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданылуда. Қазіргі уақытта GPS жүйесі жерсеріктік навигация саласында ең кең таралған технология тәуліктің кез-келген уақытында және кез-келген ауа-райында қозғалып бара жатқан объектілердің орналасқан жері мен жылдамдығын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді. GPS жерсеріктік навигациялық жүйесі жер мен ғарыштық саланы бағындыра отырып, адамзат қызметінің барлық саласына қарқынды енуде. Ол жерсеріктік жүйелерін радиобайланыс, метеорологиялық болжау, қашықтықтан зондтау, әскери істе, т.б. көптеген мақсаттарда кеңінен пайдалану үстінде.

1950 жылы АҚШ-та Қорғаныс министрлігі GPS-ті ғаламдық позициялау жүйесін әскери жоба ретінде құрастыра бастады, кейіннен, бұл жүйе мемлекеттік деңгейде шаруашылықтың көптеген бағыттарында қолданысқа ие болды. 1994 жылдан бастап АҚШ-та позициялаудың басты жүйесі іске қосылды. Позициялау – кеңістікте объектінің орналасу орнын анықтау. АҚШ-та 12 млрд. долларға құрылған GPS жүйесі жер шарының 6 шеңберлі орбитасында қозғалатын 24 негізгі жасанды жерсеріктерінен тұрады, орбиталарының биіктігі, шамамен, 20 200 км-ді құрайды. Орбитаны айналу мерзімі - 11 сағат 57 минут 58,3 секундке тең. GPS-тің ғаламдық позициялау жүйесінің сигнал жиілігі: L1 — 1575.42 МГц, L2 — 1227.60 МГц және жаңа үшінші сиг-

нал L5 — 1176.5 МГц жиілігіне тең. L1 сигналы азаматтық пайдаланушыларға, ал L2 сигналы әскери тұтынушыларға арналған. Жер серігінен берілетін ақпарат 3 категорияға бөлінеді: C/A-код, P-код и Y-код. C/A-код объектінің орналасу орнын анықтауға мүмкіндік береді, Y-код P-кодтың шифрленген нұсқасы болып табылады. Сонымен қатар GPS сигналына «псевдокездейсоқ код», эфимерис және альманах кіреді. «Псевдокездейсоқ код» (PRN - pseudo-random code) ақпарат жіберіп жатқан жер серігінің идентификация қызметін атқарады. Олар 1-ден 32-ге дейін нөмірленеді және бұл нөмір GPS қабылдағышының экранында көрсетіледі. PRN-нөмірлерінің саны спутниктер санынан (24) көп, сондықтан GPS желісінің қызмет көрсетуін жеңілдетеді. Эфимерис әрдайым әр спутниктің жұмыс істеу күйін, ағымдағы күнін және уақытын көрсетеді, ал альманах мәліметтері GPS жер серіктерінің күні бойы орналасу орнын хабарлап тұрады. GPS жүйесі WGS-84 координат жүйесін қолданады. 2000 жылдан бастап АҚШ Қорғаныс министрлігі заңды түрде GPS жүйесінің ғаламдық навигациялық жер серігінен алынатын және қолданылатын геокеңістік ақпараттарына шектеуді алып тастады. Бұл жасанды жерсеріктерінің даму тарихын шартты түрде 4 кезеңге бөлуге болады.

Алғашқы кезеңі негізінен 1958-1970 жылдарды қамтиды. Бұл кезеңде жасанды Жер серіктерін бақылау әдістері, сондай-ақ олардың орбиталарын есептеу мен талдау әдістері жасалды. Жасанды Жер серіктерін бақылаудың негізгі әдісі арнайы құрастырылған фотокамера арқылы іске асырылатын фотографиялық әдіс болды. Бақылаудың өңделген әдісі негізінде ғарыштық триангуляцияның ғаламдық желілері, Жер моделі жасалып,

Жердің гравитациялық өрісі зерттелді. Бұл пункт координаталарын анықтау әдісінің кемшіліктері: екі пунктте бір мезгілде синхронды бақылауды ұйымдастыру қиындығы, бір-бірінен едәуір қашықтықта тіркелген екі пункттен, бір уақытта жер серігінің көрінуін қамтамасыз ететін жақсы ауа райы жағдайларының қажеттілігі.

1970-1980 жылдары жасанды Жер серіктерінің дамуының екінші кезеңі болды. Бұл кезеңдерде жасанды Жер серіктерін бақылаудың жаңа әдістері, яғни лазерлі және радиотехникалық қашықтық өлшеуіш, жерсеріктік альтиметрия жасалды. ЖЖС-нің фотографиялық бақылау әдісі: триангуляция әдісі мен ғаламдық геодезиялық желіні құру кезінде кейбір қиыншылықтар туындаты. Сондықтан, пункттердің координаталарын анықтау үшін ЖЖС-ге бағыттарды анықтау әдістерінің орнына, оларға дейінгі арақашықтықты өлшеу әдістері, сонымен қатар нүкте орнын анықтау мәселелерін жерсеріктік геодезияда шешу үшін трилатерация әдістері колданыла бастады. Осы кезеңде алғашқы жерсеріктік навигациялық жүйе (Navy Navigation Satellite System) «Transit» деген атпен белгілі болды. Ал «Цикада» (КСРО) 1979 жылы пайдалануға енгізіліп, әскери-теңіз флотының мұқтаждықтарын навигациялық қамтамасыз етуге қажет болды. Жердің навигациялық Жер серіктерінің алғашқы буынына - апат болғандарды анықтайтын COSPAS - SARSAT халықаралық жүйесі жатады. Алғашқы шыққан барлық жерсеріктік жүйелердің өзіне тән кемшіліктері болды. Оларға - аймақты шектеулі қамту, координаталарды анықтаудың төменгі дәлдігі және навигациялық мәселелерді ұлғайтуға қажет уақыттың үлкен аралығы жатады.

ЖЖС-ке дейінгі арақашықтықты өлшеу Доплер әдісіне негізделеді.

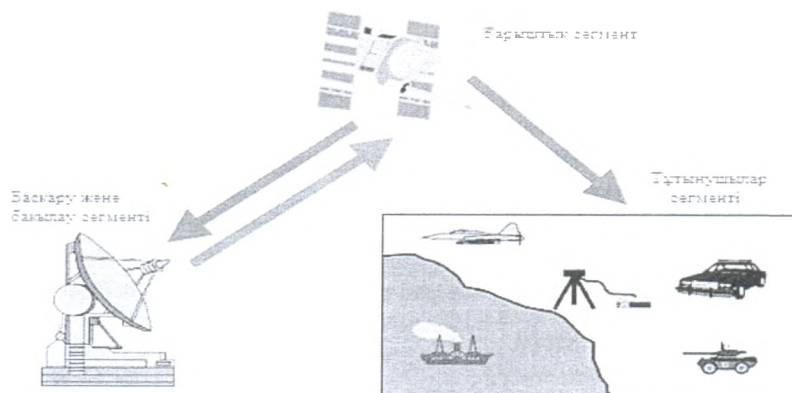
Үшінші кезең - 1980-1990 жылдар. Бұл кезең көп функциялы NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging, США) ЖРНЖ-нің жасалумен ерекшеленеді. Ол бізге GPS (Global Position System) және ГЛОНАСС (Ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйе, Ресей) аббревиатураларымен белгілі.

Төртінші кезең - 90 жылдардың ортасынан басталады. Бұл кезең әлемдік ғарыштық державаларға айналған елдердің заманауи жерсеріктік технологияларын жаңғыртып дамытуы болды. Оларға Ресей, АҚШ, Қытай, Үнді, Франция, Жапон елдері және т.с.с. елдер.

GPS жүйесі навигациядан бөлек, координаталарды анықтау дәлдігін жоғарылату мақсатында жер серігінің технологияларын геодезияда, геодинамикада, топографияда, жерді қашықтықтан зондтауда, геоақпараттық технологияларда, т.б. пайдалануға мүмкіндік береді.

GPS ғаламдық позициялау жүйесі екі мәнді жүйе болып есептеледі. Яғни, жүйе әскери де, азаматтық та тұтынушылар пайдалануына бағытталған. Әскери тұтынушыларға арналған аппаратура жұмысының сипатты ерекшелігі - бұл аппаратура әскери қызметті жүргізу жағдайларында тез, әрі сенімді жұмыс істеуі тиіс. Жүйенің азаматтық пайдаланушылары екі негізгі топтарға бөлінеді. Олардың біріншісі - GPS жүйесіндегі навигацияда, ал екіншісі - геодезияда қолдануға бағытталған пайдаланушылар. Позициялаудың заманауи спутниктік жүйесі үш құрамдас бөліктерін қамтиды:

- 1) ғарыштық сегмент
- 2) басқару және бақылау сегменті
- 3) тұтынушылар сегменті



Сурет 1 - GPS жүйесінің сегменттері

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

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

сағатының жүру дәлдігі тіркеледі.

Тұтынушылар сегменті кең таралған аппаратураны қолданушылар жиынтығын біріктіреді. Жерсеріктік навигациялық жүйе барлық тұтынушыларға әр жерде және әр уақытта жоғарғы дәлдікте навигация және позициялауды қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданылуда. GPS жүйесінің қазіргі заманғы күйі, оны кең ауқымда геодезиялық есептерді шешуге мүмкіндік береді, сондықтан негізгі геодезиялық қабылдау- есептеу кешендері GPS жүйесінің құрамына кіреді

Геодезиялық қабылдау-есептеу кешенінің функциялары. Қабылдау-есептеу кешенін пайдаланушы қарамағында орналасқан негізгі функцияларға бөледі:

- бақыланатын жер серіктерінен радиосигналдар қабылдау;
- тіркелетін мәндердің анықталуын ұйымдастыру;
- тікелей пунктте өлшеуден алынған нәтижелерді алдын ала өңдеу;
- пайдаланушыға қажетті деректердің соңғы мәндерін алуға мүмкіндік беретін камералды жағдайларда, «өңдеуден кейінгі өңдеуді» жүргізу жатады.

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

- жер серігінен берілетін навигациялық деректерді шифрлау;

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

GPS спутниктік навигация жүйелеріне негізделген жер үстіндегі, судағы және әуе көліктерінің түрлерін егжей-тегжейлі бақылау және тексеру жүйесі.

Спутниктік мониторинг төмендегі міндеттерді шешеді:

- Автопарктің әрбір автокөлігін байқау және бақылау.

- Әрбір автокөлік жүргізушісін байқау және бақылау.

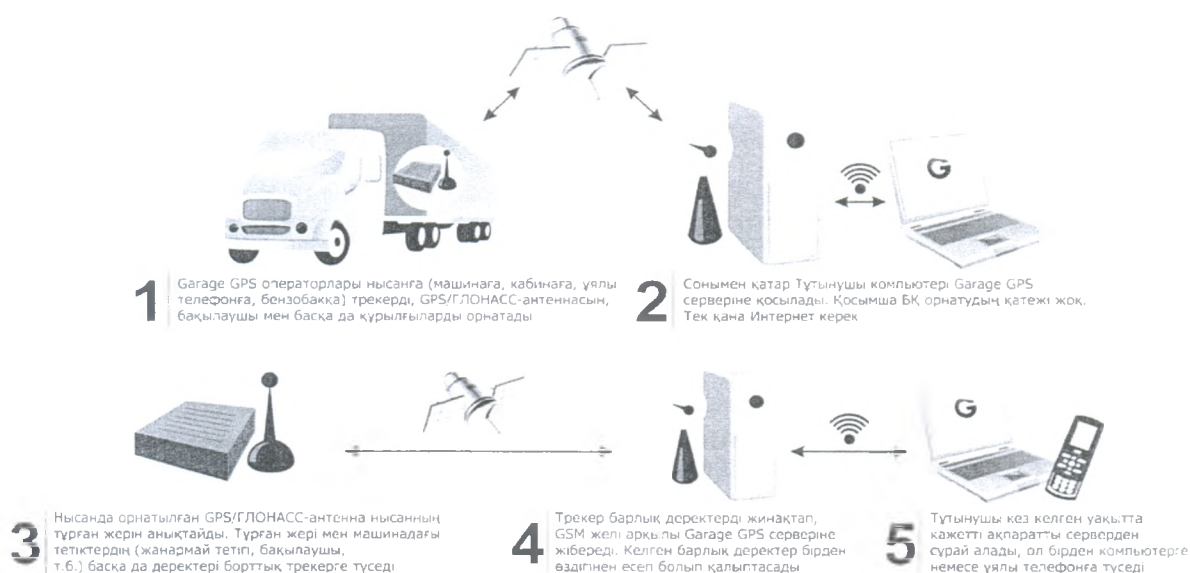
- Автокөлік бағытын байқау және бақылау.

- Автокөліктің қозғалыс жылдамдығын байқау және бақылау.

- Автокөлік өткен жолдың ұзындығын және жіберілген/келген уақыты мен орнын байқау және бақылау.

- Көліктің, арнайы техниканың немесе жабдықтың әр түрлі бөлшектерінде техникалық ақауларды анықтау.

Жұмыс істейтін навигациялық жүйелердің негізгі қызметі: географи-



Сурет 2 - Геодезиялық есептегі спутниктік мониторинг

ялық координат жүйесінде объект орнын анықтау, оның орын ауыстыру, жылдамдығын өлшеу және дәл уақыттағы сигналды тарату болып табылады. Объект орнын анықтаудағы заманауи радиоэлектрондық жерсеріктік жүйесінің жалпы принциптері мен жоғарғы дәлдікте координат өлшемдерін алуға арналған өлшеу және есептеу әдістері, жерсеріктік технологияларында қолданылатын координат жүйесі мен уақыты, олардың өзгеруінің сипаттамалары да жатады. GPS жүйесі навигациялық мәселелерді шешу мен жергілікті жердің нүктелерінің координаталарын, жердің арнайы навигациялық

жасанды серіктерінен (ЖНЖС) берілетін, тірек нүктелері қызметін атқаратын радиосигналдар бойынша орнын анықтауға, позициялауға арналған техникалық құралдар кешені.

Жалпы түрде, GPS жүйесі заманауи құрал-жабдықтарды пайдалану, әр саланың экономикасын көтеру мақсатында, тығыз орналасқан жұмыс аймақтарында геодезиялық жұмыстардың қарқынды жұмыс өнімділігін қамтамасыз етеді. Сол себепті GPS жүйесі қазіргі замандағы ең ауқымды және кең пайдаланымдағы жүйе болып табылады.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Рысбеков Қ. Б., Р 94 Геодезиядағы жерсеріктік радионавигациялық жүйелері: Алматы.
2. Генике А.А. Побединский Г.Г. Г34 Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии.
3. <http://www.kronas.ru/content/gpsnavstar>
4. <http://www.garage-gps.kz/index.php?a=aboutGlonass&lang=kaz>
5. <http://www.gps43.ru/monitor/>
6. <http://www.sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/7722-----gps>