

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технология кафедрасы

Кеңес Нұрғиса Ғабитұлы

«Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау
әдістері»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Мамандық 5B074600 – Ғарыштық техника және технологиялар

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технология кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

"Электроника,

телекоммуникация және

ғарыштық технология"

кафедрасының меңгерушісі

 Таштай Е.

« 27 » 05 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері»

5B074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша

Орындады

Рецензент

"Ғарыштық техника және технологиялар институты" ЕЖШС ғарыш жүйелерін әзірлеу зертханасының меңгерушісі

 Елубаев С.

« 25 » 05 2022 ж.

Кеңес Нұрғиса

Ғылыми жетекші

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технология кафедрасының лекторы

 Боранбаева А.

« 26 » 05 2022 ж.



Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технология кафедрасы

5B074600 – Ғарыштық техника және технологиялар

БЕКІТЕМІН

"Электроника,

телекоммуникация және

ғарыштық технология"

кафедрасының меңгерушісі

 Таштай Е.

"21" XII 2021 ж.

**дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Кеңес Нұрғиса Ғабитұлы

Тақырыбы: «Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері».

Университет ректорының «24» желтоқсан 2021 ж. № 489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі "30" сәуір 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: 1. Требования международных стандартов СТ РК ECSS E-ST - 10C-2011 "Космический инжиниринг. Космические разработки, проектирование. Системное проектирование"; 2. Требования СТ РК ГОСТ Р 51143-2010 "Комплексы стартовые и технические ракетно-космических комплексов. Общие требования испытаниям и приемке" 3. Требования СТ РК ИСО 15864-2010 "Системы космические. Общие методы испытаний космических кораблей, подсистем и блоков" 4. Требования СТ РК ECSS Q-ST-70-04C -2013 "Гарантия космической продукции. Термические испытания для оценки космических материалов, процессов, механических деталей и узлов"; 5. Требования СТ РК ECSS E-ST-10-03C -2013 "Космический инжиниринг. Испытания

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

а) Бір жиілікті GPS қабылдағышқа шолу және талдау

б) Тұтынушылардың навигациялық аппаратурасы

в) GPS қабылдағышы қабылдайтын сигналдардың параметрлерін есептеу

Графикалық материалдың тізімі: бакалавр материалдарын графикалық материалдың 30 слайдында көрсету;

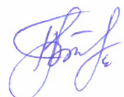
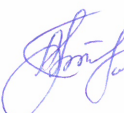


КЕСТЕСІ

дипломдық жұмысты дайындау

Бөлімдердің атаулары, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге және консультанттарға ұсыну мерзімдері	Ескертпе
1. Бір жиілікті GPS қабылдағышқа шолу және талдау	1.09.2021-31.12.2021	Орындалды
2. Тұтынушылардың навигациялық аппаратурасы	1.01.2022-15.02.2022	Орындалды
3. GPS қабылдағышы қабылдайтын сигналдардың параметрлерін есептеу	16.02.2022-31.03.2022	Орындалды
4. Дипломдық жұмысты жазу	15.04.2022-30.04.2022	Орындалды

Қолтаңбалар

аяқталған дипломдық жұмысқа консультанттар мен нормобақылау, оларға қатысты жұмыстың бөлімдері көрсетіле отырып

Бөлімдердің атаулары	Кеңесшілер, Т.А.Ә. (Ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
GPS қабылдағышқа шолу және талдау	Боранбаева А.Т. ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	27.05.2022	
Тұтынушылардың навигациялық аппаратурасы	Боранбаева А.Т. ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	27.05.2022	
GPS қабылдағышы қабылдайтын сигналдардың параметрлерін есептеу	Боранбаева А.Т. ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	27.05.2022	
Нормобақылау	Ибекеев С.Е. ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	26.05.2022	

Ғылыми жетекші



Боранбаева А

Тапсырманы білім алушы орындауға қабылдады
«10» желтоқсан 2021 ж.



Кеңес Н

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста бір жиілікті GPS қабылдағышқа шолу және талдау жасалынды. Техникалық деректері анықталды, тұтынушы аппаратурасы қабылдайтын навигациялық спутниктік сигналдардың құрылымы ұсынылды. Жаһандық радионавигациялық жүйенің жұмыс істеу принципі қарастырылды. Қабылдағыштың дәлдік сипаттамаларына қойылатын талаптар жайында түсінік. GPS қабылдағышы қабылдайтын сигналдардың параметрлерін есептеу туралы деректер жайында. Қабылдағыштың өлшенген координаттары бойынша әрбір спутниктің болжамды псевдодальділігі есептелді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе проведен обзор и анализ одночастотного GPS приемника. Определены технические данные, предложена структура навигационных спутниковых сигналов, принимаемых потребительской аппаратурой. Рассмотрен принцип функционирования глобальной радионавигационной системы. Понятие о требованиях к прецизионным характеристикам приемника. Данные о расчете параметров сигналов, принимаемых GPS приемником. По измеренным координатам приемника вычислялась предполагаемая псевдодальность каждого спутника.

ANNOTATION

In this thesis, An overview and analysis of a single-frequency GPS receiver was carried out. Technical data were determined, and the structure of navigation satellite signals received by consumer equipment was proposed. The principle of operation of the global radio navigation system was considered. The concept of requirements for the accuracy characteristics of the receiver. About data on calculating the parameters of signals received by the GPS receiver. The estimated pseudodality of each satellite was calculated based on the measured coordinates of the receiver.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Бір жиілікті GPS қабылдағышқа шолу және талдау	10
1.1 Бақылау сегменті	10
1.2 GPS жүйесінің жұмыс принципі	12
2 Тұтынушылардың навигациялық аппаратурасы	15
2.1 Тұтынушы аппаратурасын құру және оның жұмыс істеу принциптері	15
2.2 GNSS қабылдағышының құрылымдық схемасының сипаттамасы	20
2.3 Қабылдағыштардың дәлдік сипаттамаларына қойылатын талаптар. Жерсеріктік радионавигациялық жүйелер қателіктерінің көздері	29
3 GPS қабылдағышы қабылдайтын сигналдардың параметрлерін есептеу	34
3.1 Жердегі тұтынушылар қабылдайтын радионавигациялық өріс қуатын есептеу	34
Қорытынды	37
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	38
Қабылданған қысқартулар тізімі	39

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта Цифрлық байланыстың дамуы арқасында жаһандық навигациялық спутниктік жүйелер кеңінен таралды. Спутниктік навигация технологияларын қолдану жол қозғалысын басқару алгоритмдерін, жедел жәрдем бригадаларының, құтқарушылардың, сақтандыру компанияларының және басқа да ұйымдардың жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Кез-келген навигациялық жүйенің маңызды бөлігі тұтынушылардың жабдықтары болып табылады. Есептеу техникасы мен микроэлектрониканың дамуы радионавигациялық қабылдағыштардың техникалық-пайдалану сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік берді. Сондықтан дәл және арзан құрылғылар тек мемлекеттік құрылымдарға, әскери пайдаланушыларға ғана емес, сонымен қатар азаматтық тұлғаларға да қол жетімді болды.

Жұмыс үш бөлімнен тұрады, олардың әрқайсысы мақсаттарды ашады және оңтайлы радионавигациялық қабылдау құрылғысын жобалау негіздері мәселелерін шешеді.

Бірінші бөлімде ЖРНЖ құру принциптері сипатталған. Бүгінгі таңда жаһандық навигациялық жүйе – GPS толықтай жұмыс істейді. Оның техникалық деректері анықталды, тұтынушы аппаратурасы қабылдайтын навигациялық спутниктік сигналдардың құрылымы ұсынылды.

Екінші бөлім навигациялық жүйелердің пайдаланушы сегментін егжей-тегжейлі қарастыруға арналған. Бір жиілікті GPS қабылдағышына қойылатын негізгі талаптар келтірілген, әртүрлі жиіліктерде жұмыс істейтін екі жүйелік қабылдағыштың құрылымдық диаграммасы жасалынған, оның функционалды блоктары сипатталған. Сондай-ақ, радионавигациялық сигналдардың параметрлерін бастапқы және қайталама өңдеудің аппараттық алгоритмдерін іске асыру әдістері қарастырылған.

Үшінші бөлімде тұтынушы жабдықтары қабылдаған сигналдардың параметрлерін талдау берілген. Қабылдағыш антеннасының шығуындағы сигналдың қуаты есептеліп, анықталды.

1 GPS ҚАБЫЛДАҒЫШҚА ШОЛУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

GPS-қашықтықты, уақытты өлшеуге және орналасқан жерді анықтауға мүмкіндік беретін спутниктік навигация жүйесі. Жердің кез-келген жерінде, кез-келген ауа-райында, сондай-ақ планетаның жанындағы Ғарыш кеңістігінде объектілердің орналасуы мен жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді. Жүйе АҚШ Қорғаныс министрлігімен әзірленген, іске асырылған және жұмыс істейді. АҚШ Қорғаныс министрлігінің спутниктік навигациялық жүйесі-GPS деп аталады. Жүйе 24 навигациялық жасанды Жер серіктерінен, жерүсті командалық-өлшеу кешенінен және тұтынушылар аппаратурасынан тұрады. Ол үш өлшемді жер маңындағы кеңістікте жоғары дәлдікпен объектілердің координаттарын анықтауды қамтамасыз ететін жаһандық, ауа-райының барлық жағдайлары, навигациялық жүйе болып табылады. GPS спутниктері алты орта орбитаға орналастырылған (биіктігі 20183 км) және айналу кезеңі бар 12 сағат орбиталық жазықтықтар 60° арқылы орналасқан және экваторға 55° бұрышпен қисайған. Әр орбитада 4 спутник бар.

1.1 Бақылау сегменті

Басқару сегменті негізгі станциядан және жерге біркелкі бөлінген жердегі бақылау станциялары желісінен тұрады. Бақылау сегментінің негізгі функциялары:

- барлық спутниктердің орбиталарының параметрлерін анықтау және болжау үшін траекториялық өлшеулер жүргізу;
- барлық спутниктердің борттық уақыт шкалаларының (БУШ) жүйенің уақыт шкаласымен айырмашылығын анықтау үшін уақытша өлшеулер және оларды синхрондау;
- болжанған эфемеридтер, альманахтар және БУШ түзетулері бар қызметтік ақпарат массивін қалыптастыру және ҒА беру және 20 навигациялық кадрларды қалыптастыруға арналған басқа да деректер;
- спутниктердің борттық жүйелерінің жұмысын телеметриялық арналар бойынша бақылау және олардың жай - күйін диагностикалау;
- спутниктердің ұшуын және олардың борттық жүйелерінің жұмысын басқару;
- навигациялық өрістің сипаттамаларын бақылау.

GPS бақылау сегментінің орталығы-Колорадо қаласының (АҚШ) жанындағы Шривер әскери-әуе базасында орналасқан негізгі басқару станциясы. Негізгі станция жүйені басқарады және командалық және басқару функцияларын ұсынады. Жер серіктерінің сигналдары жер шарында бойлық бойынша кең таралған бақылау станцияларынан үздіксіз бақыланады. Бақылау станцияларының жабдықтары негізінен GPS қабылдағыштарынан тұрады, олар

жиіліктің цезий стандарттары, метеорологиялық құралдар және өлшеулерді негізгі басқару станциясына жіберуге арналған байланыс жабдықтары бар. Спутниктермен байланысуға арналған жер үсті антенналары бақылау станцияларының жанында орналастырылады. Диаметрі 10 метрлік параболалық антенналар спутниктерден олардың ішкі жүйелерінің жай-күйі туралы телеметриялық мәліметтерді алу, командаларды жіберу және навигациялық хабарламалар үшін деректерді жүктеу үшін негізгі басқару станциясынан қашықтан басқарылады [1]. Бақылау станцияларынан алынған мәліметтер спутниктердің орбиталарын анықтау және болжау және олардың сағаттарын түзету үшін қолданылады. GPS уақытының қалыптасуы спутниктер мен бақылау станцияларындағы Атом сағаттарының жиынтығымен анықталады.

1.1.1 Жүйені қолданудың негізгі қағидасы

Жүйені қолданудың негізгі қағидасы — белгілі спутниктік координаттары бар нүктелерден объектіге дейінгі қашықтықты өлшеу арқылы орынды анықтау. Арақашықтық GPS-қабылдағыштың антеннасын қабылдағанға дейін оны спутникпен жіберуден сигналдың таралуының кідіріс уақыты бойынша есептеледі. Яғни, үш өлшемді координаттарды анықтау үшін GPS қабылдағышы үш спутникке дейінгі қашықтықты және GPS жүйесінің уақытын білуі керек. Осылайша, қабылдағыштың координаттары мен биіктігін анықтау үшін кемінде төрт спутниктен сигналдар қолданылады.

Жүйе әуе және теңіз кемелерінің навигациясын қамтамасыз етуге және уақытты жоғары дәлдікпен анықтауға арналған. Ол екі өлшемді навигация режимінде – Жер бетіндегі объектілердің навигациялық параметрлерін 2D анықтау және үш өлшемді режимде — 3D (жер бетіндегі объектілердің навигациялық параметрлерін өлшеу) қолданылуы мүмкін. Объектінің үш өлшемді орнын табу үшін навигациялық параметрлерді кемінде 4 ЖРНЖ, ал екі өлшемді навигация кезінде кемінде 3 ЖРНЖ өлшеу қажет. GPS-те позицияны анықтаудың псевдодальдық әдісі және объектінің жылдамдығын табудың псевдорадиялды жылдамдық әдісі қолданылады.

GPS спутниктері навигациялық сигналдарды екі жиілікте береді: $L1 = 1575.42$ және $L2 = 1227.60$ МГц. Сәулелену режимі псевдошум модулімен үздіксіз жұмыс жасайды. Навигациялық сигналдар тек $L1$ жиілігінде берілетін жалпыға қолжетімді с/а-кодты және $L1$, $L2$ жиіліктерінде шығарылатын қорғалған Р-кодты білдіреді.

GPS - те әрбір ЖРНЖ үшін өзінің бірегей с/а-коды және бірегей Р-коды анықталған. Спутниктік сигналдарды бөлудің бұл түрі Код деп аталады. Ол борттық аппаратураға сигнал қай спутникке тиесілі екенін тануға мүмкіндік береді, олардың барлығы бір жиілікте беруді жүзеге асырған кезде GPS тұтынушыларға қызмет көрсетудің екі деңгейін ұсынады дәл анықтамалар (PPS Precise positioning Service) және стандартты деректер (SPS Standart Positioning Service) PPS нақты кодқа негізделген, ал SPS — жалпыға қол жетімді. PPS қызмет көрсету деңгейі АҚШ әскери және федералды қызметтеріне, ал SPS

жаппай азаматтық тұтынушыға беріледі.

Спутникке дейінгі қашықтықты өлшеу. Спутникке дейінгі қашықтық спутниктен бізге жету үшін радио сигналдың уақыт аралығын өлшеу арқылы анықталады. Спутник те, қабылдағыш та бірдей жалған кездейсоқ кодты бір уақытта жалпы уақыт шкаласында жасайды. Қабылдағыш кодына қатысты жалған кездейсоқ кодтың кешігуін салыстыру арқылы спутниктен сигналдың бізге жету үшін қанша уақыт қажет екенін анықтаймыз.

Уақыт бойынша байланыстыруды қамтамасыз ету. Дәл уақыт бойынша байланыстыру-спутниктерге дейінгі қашықтықты өлшеу кілті. Спутниктер уақыт өте дәл, өйткені олардың бортында атом сағаты бар. Қабылдағыштың сағаты мінсіз болмауы мүмкін, өйткені оларды тригонометриялық есептеулермен алып тастауға болады. Бұл мүмкіндікті алу үшін Төртінші спутникке дейінгі қашықтықты өлшеу керек. Төрт өлшеуді жүргізу қажеттілігі қабылдағыштың құрылғысын анықтайды.

Ғарыш кеңістігіндегі спутниктің орнын анықтау. Олардың координаттарын есептеу үшін біз спутниктерге дейінгі қашықтықты да, әрқайсысының ғарыш кеңістігіндегі орнын да білуіміз керек. GPS спутниктері соншалықты жоғары қозғалады, олардың орбиталары өте тұрақты және оларды үлкен дәлдікпен болжауға болады. Бақылау станциялары орбиталардағы шамалы өзгерістерді үнемі өлшеп отырады және бұл өзгерістер туралы мәліметтер спутниктерден беріледі.

Сигналдардың ионосфералық және атмосфералық кідірістері. Қатені минималды ету үшін қолдануға болатын екі әдіс бар. Біріншіден, орташа ионосфералық жағдайда қалыпты күнде жылдамдықтың әдеттегі өзгерісі қандай болатынын болжауға болады, содан кейін барлық өлшемдерімізге түзетулер енгізуге болады. Бірақ, өкінішке орай, күн сайын әдеттегідей емес. Тағы бір әдіс-тасымалдаушы тербелістердің әртүрлі жиіліктері бар екі сигналдың таралу жылдамдығын салыстыру. Егер біз GPS сигналының екі көп жиілікті компоненттерінің таралу уақытын салыстыратын болсақ, онда қандай баяулау болғанын анықтай аламыз. Бұл түзету әдісі өте күрделі және тек "екі жиілікті" GPS қабылдағыштарында қолданылады.

Көпжақтылық. Қателіктердің тағы бір түрі - "көпжақтылық" қателері. Олар спутниктен берілетін сигналдар қабылдағышқа кірмес бұрын қоршаған заттар мен беттерден бірнеше рет шағылысқан кезде пайда болады.

1.2 GPS жүйесінің жұмыс принципі

GPS негізгі принцип-бұл іс-қимыл: Жер шарының айналасында негізгі топтың 24 спутнигі және қосалқы спутник ұшырылды. Бұл 24 спутник әр жазықтықтың 4 спутниктен 6 жазықтықта ұшады. Олар үнемі жер шарының үстінен ұшады. Неге олар 24? Яғни 12 емес, 5 емес, 10 емес. Мұның себебі мынада: Жер шарының кез-келген нүктесінен кем дегенде 4 және ең көбі 12

көрінуі керек. Неғұрлым көп болса, соғұрлым жақсы. Егер қабылдағыш 12 арналы болса, онда ол сәйкесінше 12 спутниктен ақпарат ала алады. 4 спутник координаталарды анықтау үшін жеткілікті. Жер бетінен ұшатын әрбір спутник, біріншіден, ең дәл Атом сағаттарын алып жүреді. Бұл негізгі сәт. Екінші мәселе, осы атом сағаттарының барлығы бір-бірімен қатаң синхрондалғанын түсіну керек. Яғни, барлық 24 спутник бір уақытта жүреді. Барлық сағаттар синхронды, сондықтан кез-келген GPS қабылдағышы дәл уақыт көзі болып табылады. Бұл маңызды. Атом сағаттары бар, сонымен қатар табиғи қуат көзі бар. Әрбір спутник бұл радиосигналды барлық бағыттарға жіберетін радиостанциядан басқа ештеңе емес. Спутниктер шамамен 20 000 шақырым биіктікте ұшады. Осылайша, Жер шарының үстінен ұшатын әрбір спутник радио сигнал жібереді. Яғни спутниктер бұл радио сигналын жіберетін радиостанциялардан басқа ештеңе емес. Бұл радио сигнал екі жиілікте жіберіледі. Олар әдетте L1, L2 деп белгіленеді. Сонымен қатар, L1 - бұл азаматтық диапазон-барлық GPS қабылдағыштары қабылдайтын ашық. L2 - бұл әскери ауқым – жабық, көптеген биттік кодпен шифрланған және бұл кодтың кілті күн сайын өзгеріп отырады. Бұл сигнал шифрланған: біріншіден, спутник нөмірі; екіншіден, бұл белгілі бір кодтық пакет, ол арқылы спутниктің осы кодтық пакетті жіберген сәтін дәл анықтауға болады. Есімізде, әр спутниктің дәл сағаты бар. Осылайша, әрбір кодтық пакет белгілі бір уақытта жіберіледі. Сонымен не болады? Біздің GPS қабылдағышымыз, біз Сізбен бірге коммуникаторда төртбұрышты антеннасы бар, ол кез-келген уақытта радио сигналын сол кезде оның үстінен ұшып жатқан спутниктердің белгілі бір санынан алады. Осылайша, GPS қабылдағышы-бұл 20000 шақырым биіктікте ұшатын радиостанцияны естуі керек Радио. Ал бізде 12 арналы болғандықтан, ол бір уақытта 12 осындай ұшатын аппараттан ақпарат қабылдай алады. Бұдан кейін не болады? Әрбір спутниктен сигнал алған қабылдағыш, біріншіден, бұл сигналды қай спутник жібергенін нақты түсінеді. Екіншіден, қабылдағыш бұл радио сигнал спутниктен шығып, қабылдағышқа жеткен сәттен бастап кешіктірілген уақытты дәл түсінеді, және бұл кідіріс уақыты секундтарда емес, миллисекундта өлшенеді. Әрі қарай, сандар жоғары дәлдікпен келеді. Дәл сол кідіріс уақытын біздің қабылдағыш осы спутниктен алды. Бұл, әрине, басқа мағынаға ие болады. Біз сондай-ақ 3 спутниктен үшінші кідіріс уақытын алдық. Спутниктен қабылдағышқа сигнал беру уақытын біле отырып, жеткілікті қуатты есептеу модулі бар біздің қабылдағыш қашықтықты есептейді. Жарық жылдамдығын біліп, сигналдың өткен уақытын біле отырып, біздің қабылдағыш бізден осы спутникке, екінші спутникке, 3 спутникке дейінгі қашықтықты есептейді. Егер ол төртінші спутникті көрсе, онда ол төртінші спутникке дейін.

Яғни, біздің қабылдағышымыз бір жерде болғандықтан, бұл бірінші спутникке дейін бірнеше шақырым, екінші спутникке дейін бірнеше шақырым және үшінші спутникке дейін қанша шақырым бар екенін біледі. Тиісінше, шеңбердің қиылысында кем дегенде үш спутниктен сигнал алғаннан кейін, GPS қабылдағыштың нақты орналасқан жерін таба аласыз. Яғни, координаттарды есептеңіз. Тағы не түсіну керек? Енді біз дәл осы үшін спутник оның бірнеше

шақырым қашықтықта екенін, қабылдағыш сонша шақырым екенін түсінеді. Анықтау үшін Сіз спутниктің дәл қай жерде ұшатынын білуіңіз керек, содан кейін біз олардың әрқайсысына дейінгі қашықтықты ғана емес, координаттарды да түсінеміз. Мұнда мынаны айтуға болады: әр спутниктің орбитасы қатаң анықталғандықтан, әр спутник нақты белгіленген орбитада, қатаң белгіленген жылдамдықта ұшады. Содан кейін әр спутниктің координаттары уақыттың әр сәтінде белгілі болады. Осылайша, үш спутниктен деректерді алуға қатысты біздің қабылдағыштың координаттарын дәл анықтауға болады. Спутниктердің әрқайсысының координаттарын білу және спутниктердің әрқайсысынан қашықтықты білу.

Мұнда әлі де толықтыруға болатын жалғыз нәрсе - бұл төрт спутниктің қажетті координаттары. Бұл төртінші спутник, ол бір жерде де ұшады және біз оған координаттарды есептейміз. Олар қабылдағыштың уақытын түзету үшін қажет. Біздің қабылдағышымызда атом сағаты жоқ. Атом сағаттары осы үш спутникте жүреді. Сондықтан біздің уақытымызды реттеу үшін бізге төртінші спутниктен тағы бір сигнал қажет. Міне, ең аз GPS қабылдағышында 4 арна болуы керек. Координаталарды дәл анықтау үшін біздің GPS қабылдағышымыз төрт спутникті көруі керек.

Осылайша бүкіл GPS жүйесі американдық екендігі түсінікті және біз оны тегін қолданамыз. Сонымен қатар, әскери адамдар ақпаратты екі диапазонда алады: біріншіден, дәлдікті айтарлықтай арттырады. Екіншіден, кез-келген соғыс жағдайында немесе Үкіметтің өтініші бойынша бірінші азаматтық ауқым жай ғана ажыратылады және екінші әскери шифрланған диапазон қалады. Осылайша, американдық әскерилерден басқа бүкіл әлем координаттарсыз қалады.

Соңғы кезде біздің GPS қабылдағышымыз өзінің координаттарын анықтаған кезде, ол тек осы координаттарды кез-келген бағдарламаға карта бар. Осылайша біз компьютер экранында карта көре аламыз.

2 ТҰТЫНУШЫЛАРДЫҢ НАВИГАЦИЯЛЫҚ АППАРАТУРАСЫ

2.1 Тұтынушы аппаратурасын құру және оның жұмыс істеу принциптері

Радиоқабылдағыш пен есептеушіден тұратын ЖРНЖ тұтынушыларының аппаратурасы тұтынушыларға қажетті ақпаратты анықтау мақсатында спутниктердің навигациялық сигналдарын қабылдауға және өңдеуге арналған. Келесі міндеттерді шешеді: навигациялық спутниктерден сигналдарды қабылдау; жұмыс шокжұлдызын таңдау, яғни сигналдардан навигациялық ақпарат алынатын спутниктерді таңдау; тұтынушы күйінің векторын анықтау.

Навигациялық анықтамалардың дәлдігі бойынша қазіргі заманғы ЖРНЖ-ға жоғары талаптар қойылады. Бұл қабылдағыштарды құру кезінде сигналдарды оңтайлы өңдеу және ақпарат алу әдістерін қарастыруды қажет етеді. Өзінің мәні бойынша тұтынушы векторын анықтаудың навигациялық міндеті белгілі координаттары бар сәулелену көздерінен сигналдарды бақылау арқылы объектінің координаттарын бағалау міндеті болып табылады. Тұтынушының жылдамдық векторы белгілі спутник жылдамдығының векторын ескере отырып, НС сигналдарының жиілігінің ауысуларының өлшеу нәтижелерін өңдеу арқылы есептеледі. Оңтайлы сүзу теориясы объектінің координаттарын бағалаудың оңтайлы жүйелерін синтездеуге мүмкіндік беретін математикалық аппарат болып табылады.

2.1.1 GPS қабылдағышқа қойылатын негізгі талаптар

Спутниктік навигациялық технологиялар жылжымалы объектілерді навигация мен басқарудың негізгі құралдарының біріне айналған қазіргі жағдайда тұтынушының жабдықтары халықаралық, ұлттық стандарттарда тұжырымдалған бірқатар талаптарды қанағаттандыруы керек. Мұнда спутниктік навигациялық қабылдағышқа қойылатын негізгі талаптар келтірілген.

Қабылдағыш антенна-фидер құрылғысы арқылы өзі өзара әрекеттесетін GNSS элементтерінің сигналдарын, атап айтқанда: GPS және ГЛОНАСС спутниктерінің сигналдарын қабылдауы және өңдеуі тиіс, сондай-ақ орналасу орнының дәлдігін арттыру үшін дифференциалды түзету сигналдарын қабылдауға болады.

Тұтынушының жақсы көріну аймағында ГЛОНАСС спутниктерінің бірдей саны бар онға жуық жерсерік болуы мүмкін. Сондықтан навигациялық қабылдағыш бір уақытта шамамен 18-24 спутникпен әрекеттесе алады. GPS спутниктерінің жалпы саны 24 екенін ескерсек, ҚАБЫЛДАҒЫШТАҒЫ ГЛОНАСС 48 арнаға дейін болуы мүмкін. Бір сатылы өлшеулер жүргізу үшін қабылдағыштың 18-ден 24-ке дейінгі арнасы болуы тиіс. Арналардың бұл санын индикативті ретінде қарастыру керек, өйткені қабылдағышқа көрінетін спутниктердің саны үнемі өзгеріп отырады.

GNSS қабылдағышы навигациялық мәселенің шешімінен эфемеридтердің жұмыс істемейтін Денсаулық белгісімен белгіленген кез-келген спутникті алып тастауы керек (мысалы, 2-жол, ГЛОНАСС спутнигінің сигналы үшін 80-72 разрядтар). Сондай-ақ, операцияларды орындау кезінде ол жер бұрышы 5° - тан асатын спутниктермен әрекеттесуі керек.

Навигациялық шешім қабылдау үшін қабылдағыш қолайлы геометриясы бар кемінде төрт спутниктің әрекет ету аймағында болуы және мынадай операцияларды орындауы тиіс:

- спутниктерді жиілік және кеңістік бойынша іздеу;
- навигациялық спутниктерді таңдау (жұмысшы шоқжұлдызы);
- толық ақпаратты жинақтау және талдау;
- тасымалдаушы кодтар мен фазалар бойынша сигналдардың уақытша кідірісін өлшеу;
- өлшенген жалған қашықтықтар мен жалған жылдамдықтарға түзетулер енгізу;
- қабылдағыштың координаттарын, уақытын және жылдамдығын анықтау;
- навигациялық шешімнің дәлдігін бағалау.

GPS және ГЛОНАСС жүйелерінің сигналдарын қабылдайтын және өңдейтін біріктірілген GNSS қабылдағышы GPS қабылдағышына да, ГЛОНАСС қабылдағышына да сәйкес келуі керек.

Лезде орналасқан жерді анықтау үшін негізгі навигациялық Шешімді орындау кезінде ең кіші квадраттар әдісі қолданылуы мүмкін, оның көмегімен өлшеу нәтижесінде алынған барлық жалған қашықтықтарға мүмкіндігінше жақын шешім ізделеді. Бұл әдіс матрицамен бірге орналасқан жерді есептеуге мүмкіндік береді, бұл диапазондағы лездік қателерді, қабылдағыштың сағат генераторының қатесін азайтуға көмектеседі және орналасқан жерді есептеу дәлдігін көрсетеді.

Навигациялық шешім белгілі бір уақыт моменті үшін анықталады, оны көбінесе әрекет ету кезеңі деп атайды. Нәтижесінде процесс координаталардың лездік анықтамаларының тізбегі болып табылады және абоненттік қабылдағыштың қозғалу жылдамдығына байланысты өлшеу нәтижелері арасында үлкен секірулерге әкелуі мүмкін. Қозғалыс жылдамдығы неғұрлым жоғары болса, навигациялық өлшемдердің секіргіш құрылымы соғұрлым маңызды болады. Өндеудің бұл түрі жаяу жүргіншілер пайдаланатын қабылдағыштарда, сондай-ақ автоматтандырылмаған қосымшаларда қолайлы. Алайда, оны автоматтандырылған басқару жүйелерінде, мысалы, автопилоттарда қолданған кезде мұндай тәсіл қабылданбайды [3].

Спутник пен қабылдағыштың жылдамдық векторының салыстырмалы координаттары мен компоненттері өте тез өзгередінін ескере отырып, спутниктердің қозғалыс параметрлері туралы есептерде олардың нақты координаттары туралы ақпарат жоқ, бірақ спутниктің траекториясын жеткілікті үлкен уақыт аралығында (шамамен 30 минут) жақындататын кейбір модельдің параметрлері туралы ақпарат бар. Жуықтау моделінің параметрлері спутниктердің навигациялық хабарларының бөлігі болып табылады. ГЛОНАСС

жүйесінде спутниктің нақты орнын анықтау үшін қозғалыс модельдері қолданылады, онда спутниктің жылдамдық векторының координаттары мен компоненттері спутникке әсер ететін күштердің соңғы санын ескере отырып, спутниктің қозғалысының дифференциалдық теңдеулерінің сандық интеграциясымен анықталады. Әдетте, спутниктің орбитасын сипаттау үшін оның алты элементін беру жеткілікті (эксцентриктілік, орташа аномалия, орбитаның үлкен жарты осі, көтерілу түйінінің ұзындығы, орбитаның көлбеуі және перигей дәлелі). Эфемеридтік ақпараттың бұл параметрлері қысқа мерзімді болжамды көрсетілген уақыт аралығында қолайлы дәлдікпен орындау үшін жеткілікті.

Спутниктердің орналасуы уақыт өте келе өзгеретіндіктен, навигациялық есептеулер үшін таңдалған спутниктің параметрлерін үнемі тексеріп отыру керек, қажет болған жағдайда жұмыс шоқжұлдызының құрамын өзгерту керек. Қабылдағыш таңдалған спутникті көрінуден жоғалтуы мүмкін, мысалы, ғимараттар қорғалған, ал ағаштардың жапырақтары навигациялық спутниктердің сигналдарын айтарлықтай әлсіретеді. Қабылдағыш белгілі бір спутниктің көру аймағында екенін анықтаған кезде де, оның сигналы көрсетілген себептерге байланысты қабылданбауы мүмкін, сондықтан қабылдағышты басқару алгоритмдері мұндай жағдайларды өтеуі керек. Қабылдағышта навигациялық сигналдардың тұтастығын RAIM-Алгоритмдер (Receiver Autonomous Integrity Monitoring — қабылдағыштағы тұтастықты автономды бақылау) бойынша үздіксіз бақылау жүзеге асырылады, олардың көмегімен ақаулы спутникті (немесе сапасыз сигналды) анықтау және оны есептеулерден шығару міндеті шешіледі. Бұл міндет статистикалық әдістерді қолдану арқылы шешіледі [2].

Микроэлектрондық компоненттерді құрудағы Прогресс бір уақытта 8-ден 12 жерсерікке дейінгі деректерді талдай алатын көп арналы сигналды бақылау құрылғыларын жасауға мүмкіндік береді (бір жүйелік қабылдағыштарда), қазіргі қабылдағыштар, әдетте, көру аймағында орналасқан барлық спутниктерден сигналдарды қабылдай алады.

Сондай-ақ, қабылдағышқа пайдалану шарттары, сенімділігі, дизайны және т.б. бойынша арнайы талаптар қойылғанын атап өткен жөн.

2.1.2 Радионавигациялық жүйелер мен қабылдағыш қабылдайтын сигналдарды таңдау

Тұтынушылардың аппаратурасы (қабылдағыш) көптеген НҒА радиосигналдарын қабылдау және өңдеу нәтижесінде кеңістіктік координаттарды, жылдамдық векторын, ағымдағы уақытты және басқа навигациялық параметрлерді анықтауға арналған.

Кез келген тұтынушы Жер шарының барлық аумағында тәулігіне 24 сағат, аптасына жеті күн спутниктік сигналдар алу мүмкіндігін қалайды. Қазіргі уақытта бұл мүмкіндікті GPS жүйесі, сондай-ақ ГЛОНАСС ұсынады. Тиісінше, таңдалған GNSS қабылдағышы, кем дегенде, осы жүйелердің сигналдарын

қабылдауы керек.

GNSS құрылымы позициялау дәлдігінің әртүрлі деңгейін қамтамасыз ететін сигналдардың әртүрлі түрлерін қамтиды. Мысалы, L1 жиілігіндегі кодтық сигналға түзетулер өңдеуден кейінгі кезде субметрлік дәлдікті қамтамасыз етеді, ал сол жиіліктегі тасымалдаушы фазасына түзетулер субсантиметрлік дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Жобада позициялаудың сенімділігі мен дәлдігін арттыру үшін біз екі жүйенің сигналдарын қабылдайтын және әртүрлі жиіліктерде жұмыс істейтін қабылдағыштың құрылымдық тізбегін жасаймыз. Біз мұндай таңдауды талқылаймыз.

Екі жиілікті қабылдағыш әдетте осындай спутниктік қабылдағыш деп аталады, ол позициялау дәлдігін арттыру үшін бір GNSS тарататын әртүрлі жиіліктерде сигналдарды қабылдайды. Екі жиілікті қабылдағыштар бұрын, көбінесе кәсіби салада қолданылған. Алайда, азаматтық пайдаланушылар үшін әр түрлі жиіліктегі ЖРНЖ ГА сигналдарын таратуды енгізгеннен кейін әртүрлі жиіліктерде жұмыс істейтін қабылдағыштарды қолданған жөн. Бүгінгі таңда азаматтық сигналдарды L1 және L2 жиілігінде ГЛОНАСС жаңа буынының спутниктерінен де, GPS жүйесінің спутниктерінен де алуға болады.

Мұндай қабылдағышты пайдалану позициялау дәлдігін арттырады. Әр түрлі жиіліктерде берілетін сигналдар ионосферада әр түрлі жылдамдықпен таралады. Сигналдың таралу жылдамдығы оның берілу жиілігіне байланысты. Бір спутник арқылы берілетін екі жиіліктегі өлшеулерден алынған жалған қашықтықтың мәнін біле отырып, сигналдың Ионосфера арқылы өту қатесін жоюға болады. Сонымен қатар, толқын ұзындығын екі жиілікте біріктіре отырып, қабылдағыштың инициализациясын тездететін псевдодалдылықтың мәнін тезірек есептеуге болады. Бір жүйенің әртүрлі спутниктері шығаратын екі түрлі жиілікті қабылдау сипатталған артықшылықтарды бермейтінін ескеріңіз.

Екі жүйелік GNSS қабылдағыштары әртүрлі позициялау жүйелеріне жататын спутниктерден екі түрлі жиілікте сигнал қабылдайтын қабылдағыштар деп аталады. Көбінесе екі жүйелік GPS / ГЛОНАСС қабылдағыштары деп аталады. Бұл қабылдағыштар GPS спутниктерінің деректері бойынша орналасу сапасын жақсарту үшін ГЛОНАСС жүйесінің сигналдарын пайдаланады.

ГЛОНАСС спутниктерінен сигналдарды пайдалану инициализация уақытын едәуір қысқартады және тұтастай алғанда алынған нәтижелердің сенімділігін арттырады. ГЛОНАСС спутниктерінің деректерін пайдалану шоқжұлдыздың геометрия факторында және егер жұмыстар бақылау үшін қолайсыз жағдайларда жүргізілсе, көрінетін спутниктер арасында тікелей көрінеді.

Спутниктердің орналасу геометриясын жақсарту екі жүйелік қабылдағышпен бақыланатын көп спутниктердің арқасында мүмкін болады. Бұл артықшылықты нақты уақытта пайдалану үшін екі жүйенің негізгі және жылжымалы қабылдағыштары қажет.

Сондай-ақ, өнімділіктің жоғарылауы төрт GPS спутнигінің қол жетімділігімен және бірнеше ГЛОНАСС спутниктерінің көрінуімен байқалады.

DOP факторын жақсарту үшін аспанның жақсы көрінуі қажет (Ашық көкжиек), оны әрдайым қамтамасыз ету мүмкін емес. Мұндай жағдай бақылаудың өте ерекше және қиын жағдайларында туындайды (биік құрылыс аймақтары, таулы аудандар, ілулі заттар көкжиектің көрінуін жабатын аудандар). Мұндай жағдайларда сигнал қабылдауды жақсарту үшін екі жүйелік қабылдағыштарды пайдалану керек.

Екі жиілікті GPS/ГЛОНАСС қабылдағыштарды пайдалану арқылы жұмыс істеу технологиясы спутниктердің жақсы орналасуымен нақты уақыт режимінде позициялаудың сантиметрлік дәлдігін алуға мүмкіндік береді.

Жұмыс істейтін спутниктік жүйені таңдаумен қатар, оңтайлы техникалық сипаттамалары бар қабылдағышты дамыту маңызды. Корпустың және антеннаның беріктігі, батареяның жұмыс уақыты, Жалпы өлшемдер, Операциялық жүйе, деректерді өңдеу және өлшеуді жоспарлау бағдарламалық жасақтамасы және қабылдағыштың сенімділігі сияқты параметрлер де шешуші болып табылады.

L1 және L2 жиіліктерінде жұмыс істейтін қабылдағыштың GPS/ГЛОНАСС функционалды блоктары мен алгоритмдерінің толық сипаттамасын ұсынамыз.

2.1.3 Навигациялық есептерді шешу әдістері

Нысанның орналасқан жері навигациялық параметрдің бірдей мәні бар нүктелердің геометриялық орны болып табылатын позицияның үш бетінің қиылысу координаттарымен анықталады. Навигациялық мәселені шешу үшін навигациялық параметрлер мен тұтынушы векторының компоненттері арасындағы функционалды байланысты анықтайтын навигациялық функцияларды қолданыңыз. Навигациялық функциялар диапазонды және диапазонды өлшеу әдістерінің көмегімен анықталады.

Ең қарапайым диапазонда навигациялық параметр-бұл НҒА арасындағы қашықтық. Нысанның орналасқан жері үш сфераның қиылысу координаттарымен анықталады, яғни үш НҒА дейінгі қашықтықты өлшеу керек. Содан кейін навигациялық функция үш теңдеулер жүйесі болады. Бұл әдіспен барлық шамалар бір уақытта қабылданады деп болжанады. Алайда, НС координаттары БУШ-мен байланыстырылған, ал тұтынушы уақыт шкаласында радио сигналының кідірісін өлшейді. Уақыт шкалаларында сәйкессіздік болған кезде өлшенген диапазонның ығысуы және нәтижесінде тұтынушының координаттарын анықтаудың дәлдігі туындайды. Сондықтан қазіргі уақытта псевдодальдық әдіс кеңінен қолданылады.

Псевдодальділік деп навигациялық параметрлерді анықтау кезінде нақты диапазоннан белгісіз, бірақ тұрақты мәнге ерекшеленетін НҒА-ға дейінгі өлшенген диапазон түсініледі. Жалған өлшемді әдістерде позиция беті әлі де сфера болып табылады, бірақ бұл сфераның радиусы белгісіз D' мәніне өзгереді. Үш НС дейінгі псевдодальдылықты өлшеу төрт белгісіз теңдеулер жүйесіне әкеледі (x, y, z, D'). Пайда болған белгісіздікті жою үшін қосымша өлшеулер жүргізу керек, яғни псевдодалдықты төртінші спутникке дейін өлшеу керек.

Осылайша алынған төрт теңдеулер жүйесі нақты шешімге ие, сондықтан тұтынушының координаттары позицияның төрт бетінің қиылысу нүктесі ретінде анықталады. Көріну аймағында төрт НС болу қажеттілігі НҒА желісінің құрылымына қатаң талаптар қояды, олар тек орташа орбиталық ЖРНЖ-да орындалады.

Айырмашылық-қашықтық әдісі тұтынушыдан НС-ге дейінгі қашықтық айырмашылығын өлшеуге негізделген. Шын мәнінде, бұл әдіс псевдодальдық өлшеу әдісіне ұқсас және ол ауқымды өлшеулерде белгісіз ығысулар болған кезде қолданылады. Айырмашылық-диапазонды өлшеу әдісі үш-төрт НС қолданады, өйткені D' тұрақтылығымен, навигациялық анықтамалар кезінде псевдодальдық айырмашылықтар үш тәуелсіз теңдеуді қажет ететін нақты диапазондардың айырмашылықтарына тең. Бұл әдісті қолдану кезінде Тұтынушының координаттарын анықтау дәлдігі псевдодальмен бірдей.

Радиалды-жылдамдық (Доплер) әдісі үш НҒА-ға қатысты тұтынушы қозғалысының үш радиалды жылдамдығын өлшеуге негізделген. Әдістің физикалық негізі-спутникке қатысты нүктенің радиалды жылдамдығының координаттарға және спутниктің орбитадағы жылдамдығына тәуелділігі.

Сонымен, тұтынушының жылдамдық векторының компонентін анықтау үшін білу керек: координаттар векторлары және үш НҒА жылдамдығы, сонымен қатар тұтынушының координаттары. Бұл әдістің кемшілігі-координаттарды нақты уақыт режимінде өлшеу мүмкін еместігі. Сонымен қатар, орташа жоғары ЖРНЖ-да радиалды жылдамдықтың баяу өзгеруі навигациялық есептеу алгоритмдеріндегі айырмашылықтардың төмен мәндеріне және нәтижесінде есептеу дәлдігінің төмендеуіне әкеледі. Әдістің қосымша кемшілігі-жоғары тұрақты жиілік стандартының қажеттілігі, өйткені жиіліктің кез-келген тұрақсыздығы жиіліктің Доплер ығысуының бақыланбайтын өзгеруіне, демек, тұтынушы жылдамдығының компоненттерін өлшеудің қосымша қателіктеріне әкеледі [2].

2.2 GPS қабылдағыштың құрылымдық схемасының сипаттамасы

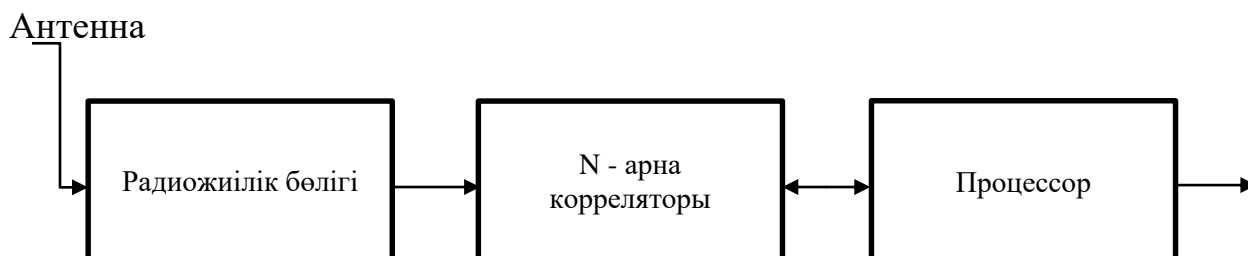
Қабылдағыштың кіреберісіне радио көру аймағында орналасқан спутниктерден сигналдар келеді. Навигациялық мәселені шешу үшін кем дегенде төрт НС-ге қатысты жалған және жалған жылдамдықты өлшеу қажет болғандықтан, ТНА көп арналы болуы керек (біріктірілген ГЛОНАСС пен GPS үшін бұл 24-тен астам арна). Қазіргі заманғы қабылдағыштар аналогты және цифрлық сигналдарды өңдеуді жүзеге асыратын Аналогты-сандық жүйелер болып табылады. Цифрлық өңдеуге көшу аралық жиіліктердің бірінде жүзеге асырылады, бұл ретте осы аралық жиіліктің жоғарылау үрдісі орын алады.

Қабылдағышты үш функционалды бөлікке бөлуге болады:

- радиожіілік бөлігі;
- сандық коррелятор;

- процессор.

Антенна-фидер құрылғысының (антеннаның) шығуынан сигнал радиожилік бөлігіне түседі (2.1-сурет). Бұл бөліктің негізгі міндеті-кіріс сигналын күшейту, сүзу, жиілікті түрлендіру және аналогты-сандық түрлендіру. Сонымен қатар, қабылдағыштың сандық бөлігі үшін сағат жиілігі қабылдағыштың радиожилік бөлігінен келеді. Радиожилік бөлігінің шығуынан кіріс сигналының сандық үлгілері сандық коррелятордың кірісіне түседі [4].



2.1 сурет - GPS қабылдағыштың жалпыланған құрылымы

Корреляторда сигнал спектрі "нөлдік" жиілікке ауысады. Бұл коррелятордың кіріс сигналын фазалық және квадратуралық арналардағы тірек гармоникалық тербеліспен көбейту арқылы жасалады. Әрі қарай, көбейту нәтижесі анықтамалық диапазон кодымен көбейту және диапазон коды кезеңінде жинақтау арқылы корреляциялық өңдеуден өтеді. Нәтижесінде біз I және Q корреляциялық интегралдарды аламыз, корреляциялық интегралдардың үлгілері процессорға ФАҚ ілмектерін одан әрі өңдеу және жабу үшін келеді (фазалық автоқұрастыру) және КБС (кідірісті бақылау схемасы). Қабылдағыштағы сигнал параметрлерін өлшеу тікелей кіріс сигналы бойынша емес, ФАҚ және КБС жүйелерімен қалыптастырылатын оның дәл көшірмесі бойынша жүргізіледі. I және Q корреляциялық интегралдары анықтамалық және кіріс сигналдарының "ұқсастық" (корреляция) дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді. Коррелятордың міндеті, I және Q интегралдарын қалыптастырумен қатар, процессордан келетін басқару әсерлеріне (басқару кодтары) сәйкес анықтамалық сигнал қалыптастыру болып табылады. Сонымен қатар, кейбір қабылдағыштарда коррелятор тірек сигналдарының қажетті өлшемдерін қалыптастырады және оларды әрі қарай өңдеу үшін процессорға жібереді. Сонымен қатар, коррелятордағы анықтамалық сигналдар процессордан келетін басқару кодтары арқылы қалыптасатындықтан, анықтамалық сигналдардың қажетті өлшеулерін тікелей процессорда жүргізуге болады, бұл көптеген заманауи қабылдағыштарда жасалатын басқару кодтарын тиісті түрде өңдейді.

2.2.1 Антенна блогы

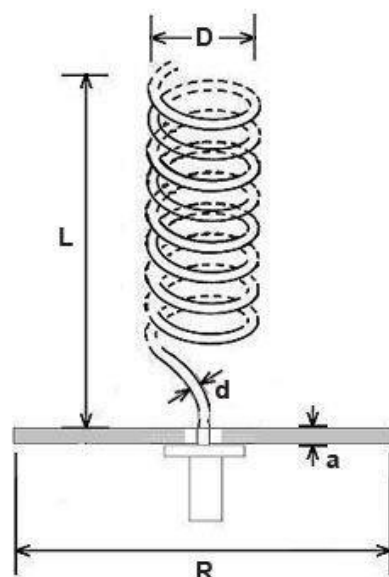
Антенна блогын таңдағанда, қабылдағыштың келесі функционалды бөліктері антеннада жоғалған нәрсені қайтара алмайтындығын есте ұстаған жөн. Сондықтан антеннаны дұрыс таңдау керек. ТНА-да қолданылатын

антенналардың бірнеше түрлі дизайны бар. GPS және ГЛОНАСС сигналы дөңгелек бағытталған поляризацияға ие. Нәтижесінде антенналар сызықты полярланған сигналдар үшін қолданылатын кең таралған түйреуіш антенналардан ерекшеленеді. GNSS қабылдағышына арналған ең танымал антенналар-жалпақ (Patch) және спиральды (Helix) антенналар. 2.2 және 2.3 суреттерде mmWave-GAL бағдарламасында модельденген антенналар көрсетілген [5].



2.2 сурет - Антенналар

Екі антеннаның нақты геометриялық өлшемі антеннаның белсенді бөліктері арасындағы орынды толтыратын диэлектрикке байланысты. Егер антенна тек ауамен толтырылған болса, онда ол керамикалық антеннаға қарағанда едәуір үлкен болады. Антеннаның өлшемдері неғұрлым аз болса, антеннаны жасаудың дәлдігі соғұрлым жоғары болады. Сонымен қатар, кішірек антеннаның саңылауы аз, спутниктен аз сигнал энергиясын алады, бұл антеннаның төмендеуіне әкеледі. Антеннадан кейін сигналды күшейту арқылы сигнал-шу қуатының қатынасын жақсарту мүмкін емес екенін есте ұстаған жөн.

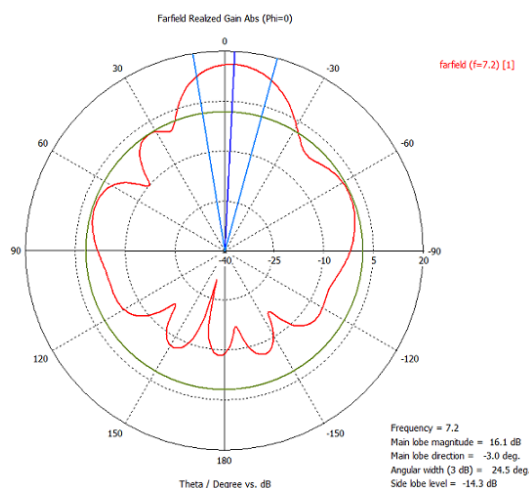


2.3 сурет - Спиральды антенна

Тегіс пішінді антенналар (микро-жалпақ) антенна тегіс бетке орнатылған жерде, мысалы, автомобильдің төбесінде қолдануға өте ыңғайлы. Ол диэлектрикпен бөлінген екі параллель өткізгіш қабаттан тұрады: төменгі өткізгіш қабат - жерге тұйықталған жазықтық, жоғарғы жағы-антеннаның эмитенті. Пішіні бойынша эмитент тіктөртбұрыш, эллипс, бесбұрыш және т.б. болуы мүмкін (2.4-сурет). Базаның өлшемін таңдағанда, антеннаның бағыт диаграммасын есте сақтау керек. 2.4-суретте mmana-GAL бағдарламасында модельденген жалпақ антеннаның күні көрсетілген [7]. Микрожолақты антеннаның жоғарғы жарты шарда оң жақты дөңгелек поляризация сигналдарын барлық жаққа бағытталған қабылдауды қамтамасыз ететін бағыттылық диаграммасы бар.

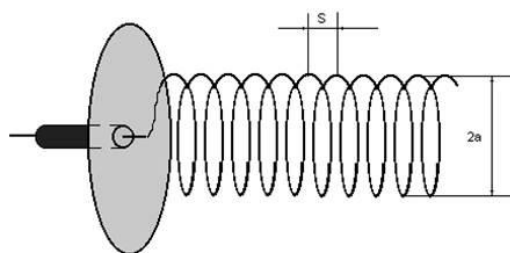
Базаның оңтайлы мөлшері 50-ден 70 мм²-ге дейін . Бұл сан керамикалық антеннаның мөлшеріне байланысты емес. Кішкентай негізі бар жалпақ пішінді антенналарда кері жапырақшалар болады, бұл оларды антеннаның артқы жағынан сәулеленуге сезімтал етеді, мысалы, жерден шағылысқан сигналдар. Базаның мөлшері неғұрлым үлкен болса, соғұрлым бұл әсер аз болады. Базаның мөлшері антеннаның пайдасы мен осьтік қатынасына ғана емес, сонымен қатар антеннаны қабылдағыштан 50 Ом кабельмен үйлестіруге де әсер етеді.

Жолақты антеннаның артықшылығы-салмағы, мөлшері және өндірудің қарапайымдылығы. Мысалы, керамикалық антенналар 25x25мм² ден 12x12 мм²-ге дейін кішкентай . Құрылыстың құнын төмендету үшін қарапайым ауа диэлектригін де қолдануға болады, бірақ бұл шамамен 10x10 см²-ге дейін айтарлықтай мөлшерге әкеледі [6].



2.4 сурет - Жолақ антенна

Спиральды антенналар Жерге тұйықталған негізде де, онсыз да қолдануға арналған. Тегіс антеннамен салыстырғанда спиральды антеннаның кері жапырақшасы іс жүзінде жоқ (2.5-сурет). Спиральды антеннаны жоғары диэлектрлік тұрақты материалмен толтыру арқылы антенналардың мөлшерін азайтуға болады. Өндірушілер ұсынатын спиральды антенналардың стандартты өлшемдері ұзындығы 18 мм және диаметрі 10 мм [6].



2.5 сурет - Спираль антенна

Көрсетілгендей, алынған диаграммалар бағыттағы басылымдар алады, деректер антенна болып табылады широкожбкравленными. Антеннаның негізгі жапырақшасы антеннаның максималды күшейтілуімен спутниктердің максималды санынан сигнал алу үшін аспанға бағытталған. Егер біз мобильді GNSS қабылдағыштарын қарастыратын болсақ, онда спиральды антенна қолданушыға осындай құрылғының табиғи орналасуымен антеннаны оңтайлы түрде бағыттауға ыңғайлы. Алайда, антеннаны салыстырмалы түрде күшейте отырып, спиральды антенна жалпақ антеннамен салыстырғанда үлкен өлшемдерге ие болады. Сондай-ақ, олар ұқсас жалпақ антенналармен салыстырғанда төмен сезімталдықты көрсетеді.

Антеннаны таңдағанда, оның пассивті немесе белсенді болатындығын анықтау керек. Пассивті антенналарда тек керамикалық жалпақ немесе спираль тәрізді қабылдайтын элемент болады. Кейде оларды 50 Ом кедергісі бар кабельге

қосу үшін сәйкестік тізбегі болады. Белсенді антенналарда төмен шу күшейткіші бар (ТШК). Белсенді антенналарға қуат қажет, ол бүкіл қабылдағыштың қуат тұтынуына түзетулер енгізеді, оны шамамен 5-20 мА - ға арттырады. Қабылдағыш пен антенна арасындағы кабельдің ұзындығы 10 см-ден асса, белсенді антеннаны әрдайым қолданған жөн [6].

Навигациялық қабылдағыштардың антенналары 50 Ом жүктемемен жұмыс істеуге арналған.

2.2.2 Жиілікті түрлендіру және аналогты-сандық түрлендіру

Қабылдағыштың радиожіілік бөлігі супергеродин принципі негізінде әрекет етеді, онда қабылданған сигналдың жиілігі төменгі аралық жиілікке айналады. Содан кейін сигнал аралық жиілік күшейткішінде (АЖК) күшейтіледі, сонымен қатар АСТ көмегімен сандық түрге айналады, оның шығуынан ол спутниктің сигналдарын іздеу және түсіру блогына және корреляциялық өңдеу әдісі негізінде жұмыс істейтін өлшеу блогына түседі. Қабылдағыш көп арналы болғандықтан, жеке спутниктердің сигналдарын таңдау, оларды әртүрлі арналар арқылы тарату және одан әрі параллель өңдеу алдын-ала жүзеге асырылады.

Кіріс антеннасынан ЖРНЖ GPS және ГЛОНАСС сигналдары жиілік бөлгіштің 1 кірісіне түседі. Қабылдағыштың құрылымдық тізбегінен көріп отырғанымыздай, ЖС жолақ сүзгісі L_1 диапазоны үшін 36,35 МГц және L_2 диапазоны үшін 55,3 МГц жиілік диапазонындағы сигналдарды сүзеді. Бұл жиіліктерді таңдау графикалық түрде 2.6 суретте көрсетілген.

Әр литрлік жиіліктегі сигнал спектрінің ені жоғары дәлдік кодымен модуляцияланған кезде спектрдің бірінші нөлдерімен анықталады.

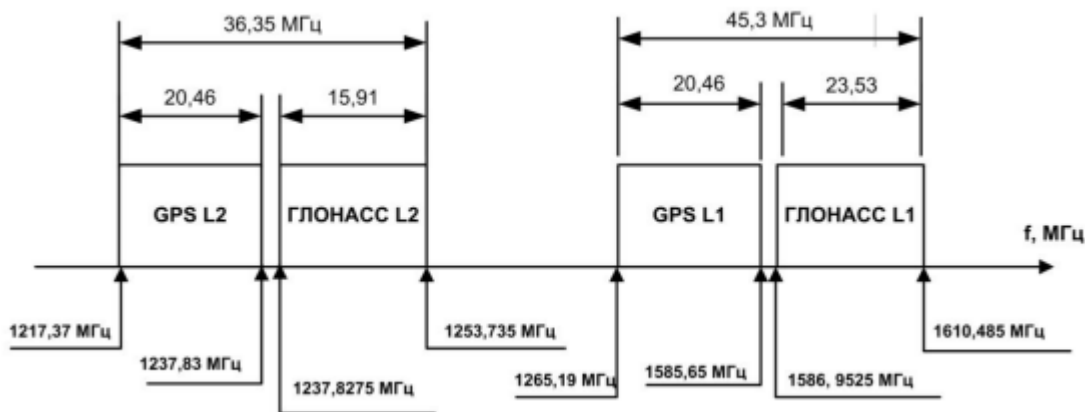
ГЛОНАСС жүйесі үшін L_1 жиілік диапазонының шекаралары (төменгі f_{HL1} және жоғарғы f_{BL1}) қатынас негізінде анықталады:

$$\begin{aligned} f_{HL1} &= L1_{(-7)} - 5,11 = 1592,0625 - 5,11 = 1586,9525 \text{ МГц}; \\ f_{BL1} &= L1_{(+6)} + 5,11 = 1605,375 + 5,11 = 1610,485 \text{ МГц}. \end{aligned}$$

L_2 жиілік диапазонының шекаралары (төменгі f_{HL2} және жоғарғы f_{BL2}) қатынастар негізінде анықталады:

$$\begin{aligned} f_{HL2} &= L2_{(-7)} - 5,11 = 1242,9375 - 5,11 = 1237,8275 \text{ МГц}; \\ f_{BL2} &= L2_{(+6)} + 5,11 = 1248,625 + 5,11 = 1253,735 \text{ МГц}. \end{aligned}$$

L_1 және L_2 диапазондарының әрқайсысының GPS ЖРНЖ сигналдары ені $\Delta F = 20,46$ МГц жиілік жолақтарын, ал ГЛОНАСС ЖРНЖ сигналдары ені $\Delta L1 = 23,53$ МГц (L_1 диапазоны) және $\Delta L2 = 15,91$ МГц (L_2 диапазоны) жолақтарын алады. Жиілік жолақтары қиылыспайды (2.6-сурет). Екі ЖС L_1 және L_2 диапазон жүйелерінің сигналдарын бөліседі.



2.6 сурет - GNSS қабылдағышының L_1 және L_2 жиілік диапазонының диаграммасы (GPS және GLONASS)

Схемада сигнал жиілігінің екі есе төмендеуі қолданылды. Жиіліктің деңгейіне дейін бірінші төмендеуі $f_{\text{тр1}} \approx 200$ МГц барлық қабылданған сигналдар үшін жалпы см. Ажк аралық жиілік күшейткішіндегі сигналдардың жалпы күшеюі мен сүзілуінен кейін нақты НС сигналын қабылдауға бағытталған жиіліктің екінші түрленуі (А Қосымшасы) жүргізіледі. Ажк арнасының өткізу жолағы жо-ның біреуінің сигналы шығатындай және басқа да жо сигналдары іріктелетіндей етіп таңдалады.

Араластырғыштарға (LO_1, LO_2, LO_3, LO_4) келетін тірек сигналдары $f_{\text{оп}}$ тірек жиілігінен ТГ - кварцты тірек кернеуінің генераторынан жиілік синтезаторымен қалыптасады. Синтезатордың жұмысын навигациялық есептеушіден келетін сигналдар арқылы басқаруға болады.

Содан кейін сигналдарды цифрлық түрлендіру триггерлерді қолдана отырып жүзеге асырылады, олардың біріне аналогтық сигнал, ал екіншісіне жиілік синтезаторы шығаратын сағат (сағат) кіреді. Тұтастай алғанда қабылдағыштың сапасы тірек генераторының сипаттамаларына байланысты.

2.2.3 ЖРНЖ қабылдағыштарының аппараттық алгоритмдері

Навигациялық есептеуіш мынадай міндеттерді шешеді: кідіріс және жиілік бойынша сигналдарды іздеу, сондай-ақ сигналдың фазасы мен кідірісін қадағалау есептерін шешу үшін I, Q синфазалық және квадратуралық құрамдастарды цифрлық өңдеу (бастапқы өңдеу алгоритмдері); радионавигациялық параметрлерді навигациялық параметрлерге түрлендіру (қайталама өңдеу алгоритмдері); навигациялық хабарды демодуляциялау, эфемеридтік ақпаратты форматтау және дешифрлеу; қателіктердің болжамды мәндерін есептеу; альманахты жинақтау және сақтау. Навигациялық есептеуішке сондай-ақ бастапқы өңдеуді басқарудың диспетчерлік функциялары берілді, бұл көптеген спутниктердің және көру аймағының болуына және НС-ның барлық немесе бір бөлігі бойынша жұмыс істеу мүмкіндігіне байланысты қажет. ГЛОНАСС ЖРНЖ және GPS сигналдары бойынша жұмыс істейтін

кабылдағыштарда екі жүйе бойынша жұмысты басқарудың қосымша қажеттілігі туындайды. Құрылымдық жағынан процессор екі бөліктен тұрады: сигнал және навигация. Есептеу ядросы ретінде, мысалы, навигациялық процессорда микропроцессор мен арифметикалық копроцессорды қолдануға болады. Сигналдық процессор навигацияға қарағанда әлдеқайда өнімді болуы керек [8].

Ақпаратты бастапқы өңдеу. Корреляторда қалыптастырылған $I_E, Q_E, I_P, Q_P, I_L, Q_L$ фазалық және квадратуралық құрамдастардың есептері интерфейс арқылы әрі қарай өңдеу үшін навигациялық есептеуішке түседі. Радионавигациялық кабылдағыштарда екі режим бар: жиілік және кідіріс және үздіксіз бақылау арқылы сигналдарды іздеу және анықтау. Сигналды іздеу режимінде өрескел және сонымен бірге сүзу жүйесімен одан әрі түсіру үшін жеткілікті, сигнал параметрлерін бағалау (кідіріс және жиілік), параметрлерді сүзу режимінде оларды үздіксіз және дәл өлшеу жүзеге асырылады. Сигналды іздеу және оның параметрлерін сүзу әр НС үшін бөлек жүзеге асырылады, сондықтан болашақта біз тек бір сигналды өңдеу алгоритмдерін қарастырамыз.

Іздеу және анықтау алгоритмі. Қабылдағышта бірнеше жиілік арналары болғандықтан, бірнеше спутниктер үшін сигналдарды іздеуді параллель жүргізуге болады. Әрбір спутник үшін сигналды іздеу процедурасы сигналдың кідірістерінің (τ) және Доплер жиілігінің ($f_{\text{доп}}$) ықтимал мәндерін дәйекті түрде қарау болып табылады. ЖРНЖ ГЛОНАСС үшін доплерлік жиілік диапазоны $f_{\text{доп}} = -5...+5$ кГц [13].

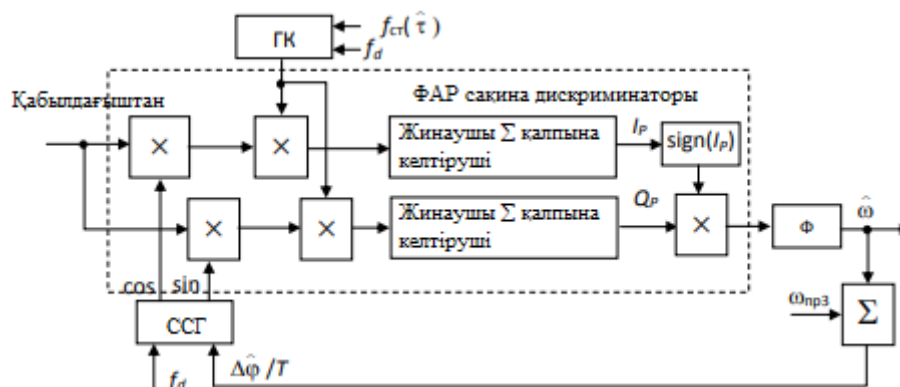
Статистикалық бағалау теориясы тұрғысынан сигналды іздеу міндеті оның $\lambda = |\tau \cdot f_{\text{доп}}|$ параметрлерін бағалау міндеті болып табылады. $t \in [0, T]$ -бақылау кезінде тұрақты түрде қабылданатын және соңғы аймақтан ($\lambda_{\text{min}}... \lambda_{\text{max}}$) таңдалатын f -тің қосындысы. Алайда, анықтау аймағынан ($\lambda_{\text{min}}... \lambda_{\text{max}}$) барлық мүмкін мәндерді таңдау арқылы шешімді табу (іздеу) өте проблемалы, сондықтан қабылдағыштарда ықтимал мәндер аймағын параллель немесе дәйекті қарауға негізделген басқа іздеу алгоритмдерін қолдану қисынды τ және $f_{\text{доп}}$. Тұтынушы жабдықтарын жеңілдету үшін қолданылатын тағы бір фактор-талданатын ұяшықта сигналды анықтау алгоритмін қолдану.

Бұл алгоритм келесі жолмен жүзеге асырылады. Іздеу режимінде I_P, Q_P фазалық және квадратуралық компоненттері қолданылады, ал іздеу ұяшығындағы сигналды анықтау мәселесі I_P алгоритміне сәйкес шешіледі $I_P^2 + Q_P^2 \geq h$, мұндағы h - дұрыс анықтаудың берілген ықтималдығын қамтамасыз ету шартынан таңдалған шекті мән. Сигналдың жоқтығы туралы шешім қабылдаған кезде талдаудың келесі ұяшығына өту жүзеге асырылады, ал оң шешім қабылданған кезде τ және $f_{\text{доп}}$ бойынша үздіксіз сүйемелдеу режиміне көшу командасы әзірленеді. Егер кідіріс және Доплер жиілігі бойынша бақылау жүйелері ілесіп жүру сигналын алса, онда іздеуді тоқтату туралы шешім қабылданады, әйтпесе іздеу рәсімі қайта басталады.

Бір элементар ұяшықта талдау кезінде T_H сигналының жинақталу аралығының ұзақтығы ((2.1) $T_H = L_H \cdot T_d$ формуласынан жинақталған үлгілер саны) 1-ден 2 мс-қа дейін.

Фазалық бақылау және сигналдың кідірісі алгоритмі. Бақылау жүйесі

корреляциялық блоктың бөлігі болып табылады. Сигналдың кідірісін бақылауды жүзеге асыру үшін жинақтау T_H уақыт аралығында жүргізілетін I_P , Q_P фазалық және квадратуралық компоненттері қолданылады. Сигнал фазасын бақылау схемасы 2.8 суретте көрсетілген.



2.7 сурет - Фазаны бақылау жүйесінің схемасы

Сигналдың кідірісін бақылау схемасының жұмысы алдын-ала және кешіктірілген квадраттық компоненттерді қолдануға негізделген (2.9-сурет).

Келесі жұмыс алгоритмдерін қолдануға болады:

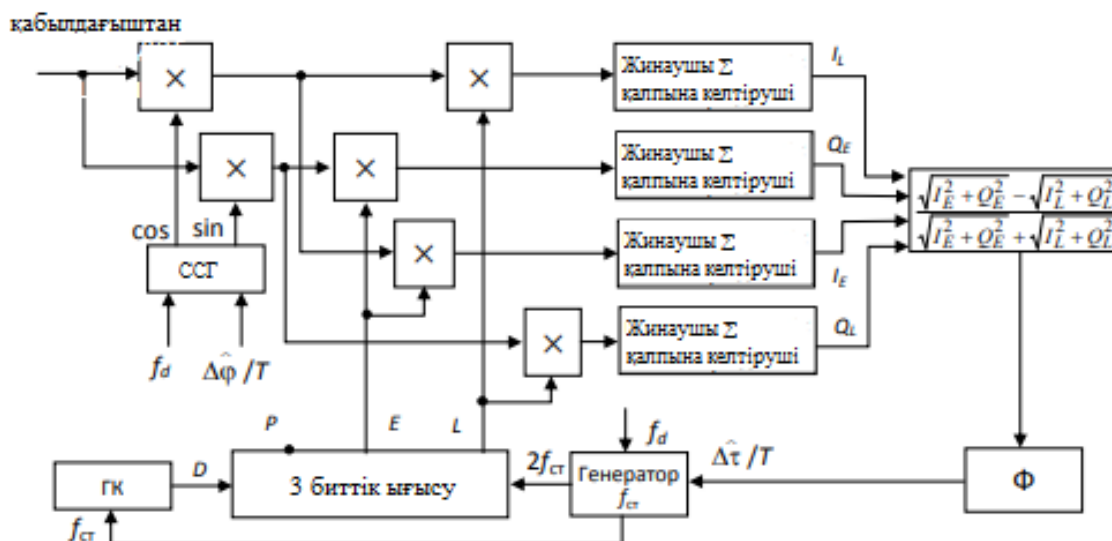
$$\sqrt{I_E^2 + Q_E^2} - \sqrt{I_L^2 + Q_L^2} \quad (2.1)$$

$$\frac{\sqrt{I_E^2 + Q_E^2} - \sqrt{I_L^2 + Q_L^2}}{\sqrt{I_E^2 + Q_E^2} + \sqrt{I_L^2 + Q_L^2}} \quad (2.2)$$

$$(I_E^2 + Q_E^2) - (I_L^2 + Q_L^2) \quad (2.3)$$

$$(I_E - I_L)I_P + (Q_E - Q_L)Q_P \quad (2.4)$$

2 алгоритмі көбінесе сигнал амплитудасынан және бақылаудың бұзылуына әкелмейтін ықтимал қателіктердің кең ауқымынан тәуелсіз болғандықтан қолданылады [9].



2.8 сурет - Кідірісті бақылау жүйесінің схемасы

Екінші өңдеу алгоритмдері. Радионавигациялық сигналдарды алғашқы өңдеу нәтижесінде таңдалған жұмыс шоқжұлдызының әрбір НС үшін радионавигациялық параметрлер (жиіліктің кідіруі және доплерлік жылжуы) бағаланады. Радионавигациялық параметрлер тиісті навигациялық функциялар арқылы тұтынушының параметрлерімен байланысты. ЖРНЖ-да алгоритмдері 2.1.3-те қарастырылған координаттарды анықтаудың псевдодальдық әдістері және тұтынушы жылдамдығының құрамдастарын анықтаудың псевдорадиалдық жылдамдық әдісі қолданылады.

Ақпаратты екінші рет өңдеу кезеңінде:

- навигациялық хабарламаны демодуляциялау;
- эфемеридті ақпаратты форматтау және декодтау және т. б.

Бұл алгоритмдер қабылдағыш процессорында жүзеге асырылады.

2.3 GPS қабылдағыштарының дәлдік сипаттамаларына қойылатын талаптар. Жерсеріктік радионавигациялық жүйелер қателіктерінің көздері

ЖРНЖ-ны жылжымалы объектілерді жергілікті анықтау және навигация мүдделерінде пайдалану, сондай-ақ арнайы міндеттерді шешуде (байқау, аэрофототүсірілім, пайдалы қазбаларды іздеу, апатқа ұшыраған көлік құралдарын және адамдарды іздеу және құтқару) навигациялық параметрлерді айқындаудың орташа квадраттық қателері, навигациялық қамтамасыз етудің сенімділік көрсеткіштері және т.б. сияқты дәлдік сипаттамаларына неғұрлым жоғары талаптар қояды.

ЖРНЖ-да анықталған негізгі навигациялық параметрлер-қашықтық және радиалды жылдамдық. Оларға сәйкес радионавигациялық параметрлер сигналдың кідірісі және жиіліктің Доплер ығысуы болып табылады. Сондықтан,

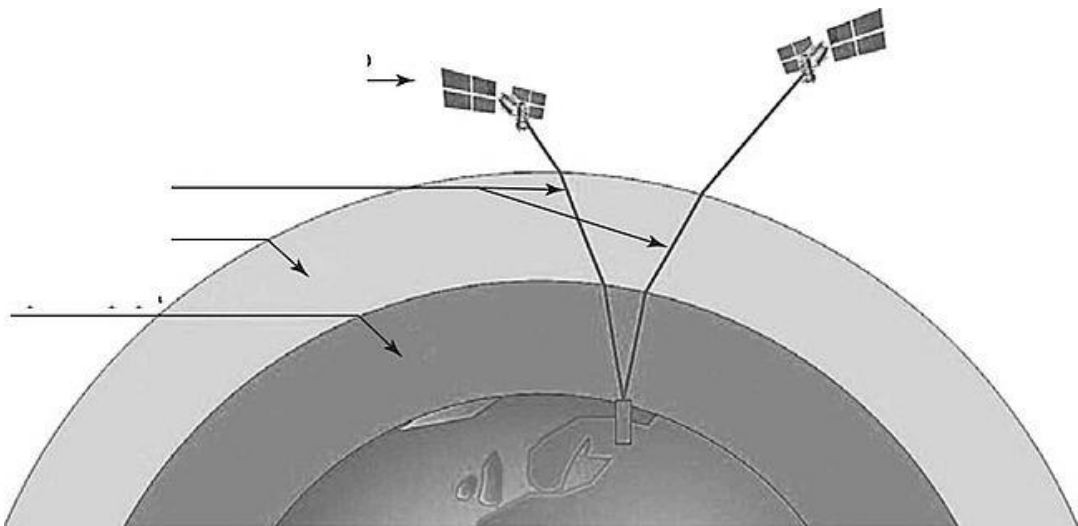
ЖРНЖ-ке қойылатын басты талап-бұл параметрлерді өлшеудің жоғары дәлдігі. Сигналдың кідірісі мен доплердің жиіліктің жылжуының дәлдігін арттыруға қойылатын талаптар сәйкес келмейді. Кідірісті өлшеу дәлдігін арттыру үшін сигнал спектрін кеңейту керек, ал Доплер жиілігінің жылжуын өлшеу дәлдігін арттыру үшін сигналдың ұзақтығын арттыру қажет.

Сигналдың кідірісі мен доплердің жиіліктің жылжуын бірлескен бағалаудың дәлдігін жоғарылатуға сигнал базасының ұлғаюы арқылы қол жеткізуге болады - B (сигналдың тиімді ұзақтығын сигнал спектрінің тиімді еніне көбейту). Сондықтан, ЖРНЖ-тегі радио сигналдарға қойылатын негізгі талап $B \gg 1$ қатынасы. Мұндай параметрлері бар сигналдар Шу тәрізді деп аталады. Радиотехникалық жүйенің шуылға қарсы тұрақтылығы сигнал базасының мәнімен анықталатыны белгілі, ал көпшілік үшін жасырын және шуылға қарсы қауіпсіздік анықтайтын талаптардың бірі болып табылады [10].

Тағы бір маңызды талап - көп жүйелік қол жетімділікті қамтамасыз ету. Навигациялық параметрлерді анықтау кезінде тұтынушыда әртүрлі спутниктерден сигналдарға бір мезгілде қол жеткізу мүмкіндігі болуы тиіс. Көп жүйелік қол жетімділік мәселесі сигналдарды уақытша, жиіліктік немесе кодтық бөлу арқылы шешіледі, мысалы, GPS спутниктік навигациялық жүйесінде кодты бөлу қолданылады, ГЛОНАСС жиілікте. Сигналдардың ортогоналдылығы және оларды дәл синхрондау кезінде уақыт, жиілік және кодты бөлу әдістері эквивалентті болатыны белгілі. Бұл қазіргі ЖРНЖ-да сигналдарды бөлудің әртүрлі тәсілдерін қолдануды түсіндіреді. Бұл ЖРНЖ қабылдағыштарына сигналдарды дәл синхрондау сияқты талапты анықтайды.

ЖРНЖ - ға қойылатын талаптарды ұсыну үшін дәлдік сипаттамаларына қатысты, сондай-ақ ЖРНЖ қателіктерінің көздеріне талдау жүргізу және олардың навигациялық уақыт анықтамаларының дәлдігіне әсерін бағалау қажет.

Тұтынушының навигациялық параметрлерді ЖРНЖ анықтау дәлдігіне көптеген факторлар әсер етеді, оларды үш топқа бөлуге болады: НС немесе командалық өлшеу кешенінде енгізілген қателер; сигнал тарату жолында енгізілген қателер; ЖРНЖ қабылдағышында енгізілген қателер. Олар бастапқы және екінші навигациялық өлшемдердің ерекшеліктерімен, қолданылатын сигналдардың сипаттамасымен, тарату ортасымен және т.б. байланысты. Қателіктердің бірінші тобы негізінен НС жиілік-уақыт және эфемеридтік қамтамасыз етудің жетілмегендігіне байланысты, сондықтан бұл жұмыс қарастырылмайды.



2.9 сурет - Өлшеу қателіктерінің көздері

НС сигналының таралу жолында енгізілген қателіктер тропосфера мен ионосферадағы радиотолқындардың таралу жағдайларын дұрыс білмеуден туындайды. Бұл екі қабат ЖРНЖ-тегі навигациялық өлшеулердің сапасына айтарлықтай әсер етеді, бұл негізінен жер атмосферасының өтуі кезінде спутниктің сигналдарының сынуы нәтижесінде пайда болатын сигналдың қосымша кідірістерінде көрінеді.

Көпжақтылыққа байланысты қателер. ЖРНЖ тұтынушысының қабылдау антеннасына навигациялық спутниктен тікелей сигнал ғана емес, сонымен қатар жер мен теңіз беттерінен және жақын орналасқан объектілерден, мысалы ғимараттардан көптеген шағылысқан сигналдар түсуі мүмкін. Шағылысқан сигналдың деңгейі тікелей сигналға сәйкес келуі мүмкін. Бұл пайдалы сигналдың айтарлықтай бұрмалануына және осы сигналдың параметрлерін бақылау схемаларындағы қателіктерге әкеледі (кідіріс, жиілік және фаза). Бұл қателер көбінесе спутниктің, қабылдағыш антеннаның және шағылысатын заттардың өзара орналасуына байланысты. Эксперименттік зерттеулер көп сәулеге байланысты диапазондағы қателіктердің үлкен таралуын көрсетті, бұл ең жақсы жағдайда 0,5 м (арнайы Антенналарды пайдалану кезінде) және ең нашар жағдайда 100 м дейін. Тар жолақты корреляторлармен стандартты дәлдік сигналдарын қабылдағыштарды қолдану қателіктерді ретке келтіруі мүмкін.

ЖРНЖ қабылдау индикаторларының қателіктері. Тұтынушының аппаратурасымен шартталған қашықтық өлшеу қателіктеріне спутник сигналының келу (уақытша орналасу) сәтін бақылау қателіктері жатады, бұл ретте бақылау схемаларының шу және динамикалық қателіктері негізгі үлес қосады.

Қателіктерді азайту тәсілдері. Қашықтық өлшеу қателігінің бірқатар компоненттерін шектеулі уақыт аралығында жұмыс аймағының кең аудандарында (қателіктердің кеңістіктік-уақыттық корреляция аудандарында) орналасқан ЖРНЖ тұтынушылары үшін жалпы (корреляцияланған) деп санауға болады. Сондықтан, осы деректерді көрсетілген аймақтың еркін нүктесінде

анықтай отырып, оларды корреляция уақытында басқа нүктелердегі өлшеулерді түзету үшін пайдалануға болады. ЖРНЖ-де навигациялық өлшеудің бұл әдісі дифференциалды деп аталады және оның көптеген түрлері бар.

ЖРНЖ дифференциалды режимдеріндегі қашықтықты өлшеу қателіктері тұтынушылардың кеңістіктік таралуына және түзетуді есептеу сәттері мен оны қолдану арасындағы уақыт аралығына байланысты. Ең жақсы жағдайда, ол қалыпты жұмыс режимімен бірнеше-он есе төмендеуі мүмкін. Эфемеридтердің типтік қателіктері (мысалы, ЖРНЖ GPS) 10 м және $D < 30$ км және $D < 2000$ км өлшеу нүктелерін жою кезінде дифференциалды режимді пайдалану өлшеу қателіктерін тиісінше 1,5 см және 1 м аспайтын мәндерге дейін төмендетеді. Мұндай мәндер радиотолқындардың таралуы кезінде пайда болатын аппараттық қателер мен қателіктерден едәуір аз [9].

Екі жиілікті әдіс теориялық тұрғыдан ең дәл, алайда екі жиілікте жоғары дәлдікті өлшеуді қажет етеді, бұл тұтынушы жабдықтарын едәуір қиындатады. Сонымен қатар, ионосфералық қателіктерді жоюдың қарастырылған әдісі радио шуларынан туындаған қателіктің маңызды компонентінің едәуір өсуіне әкеледі, оны өтеу қиын.

Артық бір жиілікті өлшеу әдісі. Бұл жағдайда өлшеулер бірнеше НС сигналдары бойынша жүзеге асырылады (әдетте сегізден көп). Мұнда ионосфераның кеңістіктік сипаттамаларын орташалаңдандыру арқылы оның тұтынушылардың координаттарын анықтау дәлдігіне әсерін едәуір төмендетуге қол жеткізуге болады. Тұрақты тұтынушы үшін бұл әдіс бірнеше тапсырыс бойынша дәл нәтиже береді. Ионосфера сонымен қатар сызықтық полярланған сигналдардың поляризация жазықтығының айналуына әкелуі мүмкін (Фарадей эффектісі), бұл сигнал энергиясының қосымша ысыраптарына әкеледі, оны азайту үшін дөңгелек поляризациясы бар антенналар ЖРНЖ-де қолданылады.

ЖРНЖ қабылдағыштарында жоғары дәлдікпен сипатталатын фазалық өлшеу әдістерін енгізу тұтынушыларды навигациялық қамтамасыз етудің сапалы жаңа деңгейіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Фазалық өлшеулердегі негізгі мәселе-олардың түсініксіздігі. Артық өлшеулерді қолдану арқылы оның әсерін азайтуға және кейбір жағдайларда жоюға болады. Кеңістіктік-уақыттық координаталарды анықтаудың номиналды дәлдігі төрт НС-қа дейінгі жалған қашықтықтарды бір өлшеу негізінде алынады. Дәлдікті арттыруға навигациялық анықтамалар мен қосымша радионавигациялық параметрлерді өлшеу нәтижелерін статистикалық өңдеу арқылы да қол жеткізіледі. Бекітілген қабылдағышта алынған координаттарды үлгінің соңғы көлемі бойынша орташа алуға болады.

Геометриялық фактор НС мен тұтынушының өзара орналасуының ЖРНЖ-тегі навигациялық анықтамалардың дәлдігіне әсерін сипаттайды. ЖРНЖ-да навигациялық анықтамалардың жоғары дәлдігіне қол жеткізудің маңызды шарты НС жұмыс шоқжұлдызы мен тұтынушының өзара кеңістіктік орналасуы болып табылады, онда псевдодалаяцияны өлшеу қателіктерінің берілген деңгейінде қажетті дәлдік қамтамасыз етіледі. Бұл тұжырымға НС және тұтынушының кеңістіктік орналасу ерекшеліктеріне байланысты ЖРНЖ-тегі

навигациялық анықтамалардың дәлдігін төмендету өлшемі болып табылатын K_T геометрия коэффициентінің тұжырымдамасы негізделген.

Қазіргі ЖРНЖ-да K_T -ға төрт НС "нашар геометрияның" қысқа мерзімді (5-тен 30 минутқа дейін) кезеңдерінің әсері төмендеуі мүмкін, мысалы, тұтынушы осы уақыт аралығында жоғары дәлдікті борттық тірек генераторын (ТГ) немесе биіктік өлшегішті пайдаланған кезде [9].

3 GPS ҚАБЫЛДАҒЫШЫ ҚАБЫЛДАЙТЫН СИГНАЛДАРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ

3.1 Жердегі тұтынушылар қабылдайтын радионавигациялық өріс қуатын есептеу

Жердегі тұтынушы үшін радионавигациялық өрістің негізгі сипаттамасы қабылдау антеннасының шығысындағы (жер бетіндегі шағылысуларды есепке алмағанда) Зенит жанындағы және Горизонт жанындағы НҒА-дан навигациялық радиосигналдың қуаты болып табылады [1]. Ол мына формула бойынша анықталады:

$$P_0 = \frac{P_{\text{ТАР}} \cdot G(\varphi) \cdot G_0(\beta) \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi \cdot R)^2} \quad (3.1)$$

мұндағы $P_{\text{ТАР}}$ -таратқыштың сәулелену қуаты;

$G(\varphi)$ - қабылдаушы антеннаға φ бағытында таратушы антеннаның бағыттылық коэффициенті;

$G_0(\beta)$ - қабылдау антеннасының β бағытында таратушы антеннаға бағытталу коэффициенті;

λ - радиосигналдың негізгі тербелісінің толқын ұзындығы;

R - қабылдау антеннасынан таратушы антеннаға дейінгі қашықтық,

$(\frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\lambda})^2$ - бос кеңістіктегі шығындар.

ГЛОНАСС және GPS жүйелерінде НҒА-ға навигациялық радио сигналдарға арналған таратушы антенналар радиацияның оң жақ поляризациясына ие.

Антеннаның осіне қатысты бағыттардың жұмыс секторындағы $G(\varphi)$ таратушы антенналардың бағыттылық коэффициенті (ГЛОНАСС үшін $\varphi \leq 19^\circ$, GPS үшін $\varphi \leq 20^\circ$) 3.1-кестеде көрсетілген.

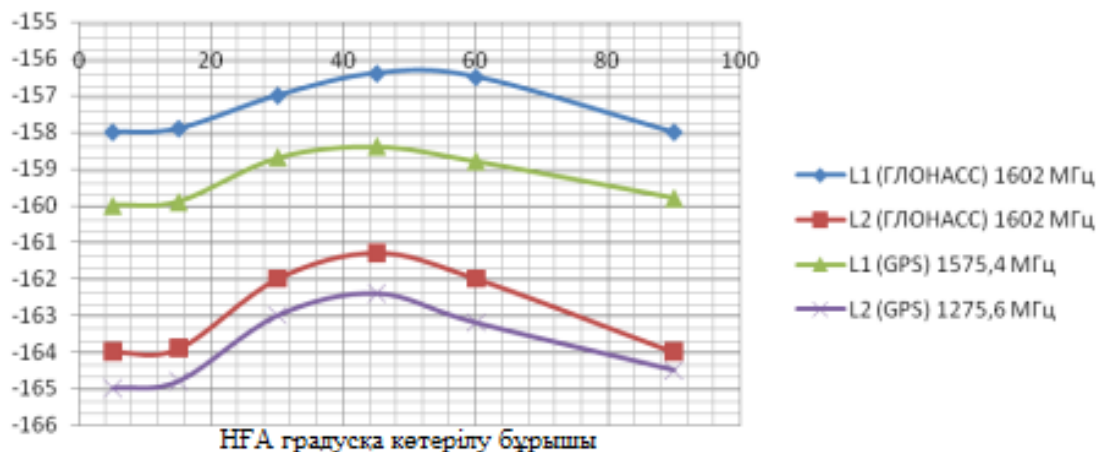
3.1 кесте - Таратушы антеннаның φ бағытында қабылдағыш антеннаға бағытталу коэффициенті

ГЛОНАСС				GPS			
φ	0°	15°	19°	φ	0°	16°	20°
$G(\varphi), \text{дБ}(1602\text{МГц})$	10	12	8	1575,4	7	8	7
$G(\varphi), \text{дБ}(1246\text{МГц})$	9	11	9	1275,6	8	10	9

«Стандартты» қабылдау антеннасы ретінде дөңгелек поляризациясы бар изотропты қабылдау антеннасын қарастыруға ыңғайлы, $G_0(\beta) = 1$.

Қабылданатын радио сигналының жоғары деңгейі келесі факторларға байланысты болуы мүмкін:

- орбитаның номиналды биіктігінен рұқсат етілген шектегі ауытқулар, НҒА бұрыштық бағдарындағы қателер;
- НҒА таратушы антеннасының пайда болу коэффициентінің айырмашылықтары;
- технологиялық себептерге байланысты НҒА таратқышының шығыс қуатының өзгеруі;
- температураның ауытқуы;
- кернеу мен күшейту деңгейінің өзгеруі;
- атмосферада радиосигналдың таралуы кезіндегі шығындарды азайту.



3.1 сурет - Тұтынушы қабылдайтын радиосигналдардың ең аз қуатының НҒА көтерілу бұрышынан тәуелділігі

Интерфейстік бақылау құжатына сәйкес, тұтынушы қабылдайтын ГЛОНАСС радиосигналының максималды деңгейі -155,2 дБВт, GPS үшін -155 дБВт аспайды деп күтілуде [5,6].

Ең кіші квадраттар әдісін қолданған жағдайда псевдодальдылық барлық спутниктерге бір уақытта өлшенеді. Сигналды қабылдау уақытын санауды өлшеу нәтижелері бойынша қабылдағыш, ал беру уақытын санауды спутниктік уақыт бойынша анықтайды:

$$PR_{\text{өлшем}}^i(t_6) = c \cdot (t_k^i - t_6^i) \quad (3.2)$$

мұндағы $PR_{\text{өлшем}}^i(t_6)$ - сигналды қабылдау кезінде i -ші спутникке дейін есептелген жалған тұру;

t_k^i - қабылдағышпен өлшенген спутниктік сигналды қабылдау уақыты;
 t_6^i - спутникпен анықталған, спутниктен сигнал беру уақыты.

Қабылдағышта әр спутник үшін өлшенген жалған мәліметтер тасымалдаушы жиіліктегі өлшеулерді және тегістейтін сүзгіні қолдана отырып тегістелуі керек және ол стандарттарда және пайдаланушылардың арнайы

талаптарында көрсетілген шуылға қарсы талаптарға жауап беруі керек.

Псевдодалдықты қабылдағыш навигациялық хабарламаның деректері негізінде спутникпен синхрондау қателерін ескере отырып түзетеді. Спутниктің навигациялық қатынасындағы эфемеридтер (нақты орбиталық деректер) бойынша спутниктердің орналасу орны беру кезіндегі геоцентрлік координаттар жүйесі негізінде есептеледі. Қабылдағыштың өлшенген координаттары бойынша әрбір спутниктің болжамды псевдодалдылығы есептеледі:

$$PR_{\text{болжау}}^i = R_{\text{болжау}}^i - R_{\text{к}} \quad (3.3)$$

мұндағы $PR_{\text{болжау}}^i(t_{\delta})$ - беру кезіндегі i -ші спутниктің есептелген орны;

$R_{\text{к}}$ - жердің айналуын ескере отырып түзетілген қабылдағыш антеннасының орналасқан жері [3].

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада тұтынушының навигациялық жабдықтарын құру мәселесі қарастырылды. Бүгінгі күні GPS ЖРНЖ толық орналастырылған және жұмысқа қабілетті болып табылады. Сондықтан GPS қабылдағыштың құрылымдық схемасы жасалды, ол осы жүйелердің спутниктері жіберетін сигналдар негізінде жұмыс істейді. Қабылдағышты таңдау жақында азаматтық пайдаланушыларға қол жетімді түрлі жиіліктерде навигациялық сигналдарды тарату басталғанына байланысты.

Кемшілігі-қабылдағыш құрылымының күрделенуі, өйткені онда GPS жүйесінің радио сигналдарын өңдеу арналары бар. Алайда, сандық технологияның дамуымен сигналдың радионавигациялық параметрлерін қабылдау және өңдеу алгоритмдерін енгізуге болатын шағын өлшемді чиптер пайда болғанын атап өтеміз.

Қабылдағыш генераторының тұрақтылығына жоғары талаптар қойылады, өйткені корреляцияның максималды уақытының мәні, сондай-ақ координаталарды анықтау дәлдігі оған байланысты.

Қорытындылай келе, жұмыста қабылданған есептеу әдістері мен алынған мәліметтерді GNSS қабылдағыштарындағы кедергілерден қорғау деңгейін жоғарылату алгоритмдерін жүзеге асыруда қолдануға болатындығын атап өтеміз.

ҚАБЫЛДАНҒАН ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

АЖК - Аралық жиілік күшейткіші
БУШ – Борттық уақыт шкаласы
ҒА – Ғарыш аппарат
ЖС - жолақ сүзгісі
ЖРНЖ - Жаһандық радионавигациялық жүйе
КБС - Кідірісті бақылау схемасы
НС – Навигациялық спутник
НҒА – Навигациялық ғарыш аппарат
ТНА – Тұтынушының навигациялық аппаратурасы
ТШК – Төмен шу күшейткіші
ТГ – тірек генераторы
ТЖ – Тірек жиілігі
ФАҚ – Фазалық автоқұрастыру
ШТС – Шу тәрәізді сигнал

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации и ее приложение. - Москва: Эко-Трендз, 2003. - 326 с.
- 2 Михайлов В.С. Навигация и локация. – Киев, 2009. // Сайт Киевской академии водного транспорта <http://www.maritime.kiev.ua/book1/index.html>
- 3 Громаков Ю.А., Северин А.В., Шевцов В.А, Технологии определения местоположения в GSM и UMTS - Москва: Эко-Трендз, 2005. – 144 с.
- 4 Поваляев Е., Хуторной С. Системы спутниковой навигации ГЛОНАСС и GPS. Часть 1. // Chip News. Инженерная микроэлектроника. - 2002. - №3 (66). - с.5-11.
- 5 Программа моделирования антенн MMANA-GAL 1.2.0.20. Официальный сайт журнала «Радио» <http://www.radio.ru/mmana/>
- 6 GPS модули. Системное руководство. Краткий обзор. - 175 с. // Сайт компании «МикроЭМ» http://www.microem.ru/pages/u_blox/tech/antaris4/GPSMS-05007RUS.pdf
- 7 Гончаренко И.В. Компьютерное моделирование антенн. Все о программе MMANA. - Москва: ИП РадиоСофт, Журнал «Радио». - 2002 - 80с.
- 8 Поваляев Е., Хуторной С.. Системы спутниковой навигации ГЛОНАСС и GPS. Часть 4. Структура коррелятора навигационного приемника аппаратуры потребителя // Chip News. Инженерная микроэлектроника. – 2002. - №3 (66). - с.5-11.
- 9 Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / Под ред. В.Н. Харисова, А.И. Перова, В.А. Болдина. М.: ИПРЖР, 1998.
- 10 Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. - Москва: Радио и связь, 1985. - 384 с. 91
- 11 Барашенков В.В. Лутченко А.Е. Цифровые радионавигационные устройства. – Москва: Советское радио, 1980. – 288 с.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

дипломдық жұмыс

Кеңес Нұрғиса Ғабитұлы

5B074600 – Ғарыштық техника және технологиялар

Тақырыбына: **Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері**

Дипломдық жұмыста Кеңес Нұрғиса Ғабитұлы Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері бойынша зерттеу жасалынды. Техникалық деректері анықтап, тұтынушы аппаратурасы қабылдайтын навигациялық спутниктік сигналдардың құрылымы карастырылды. Жаһандық радионавигациялық жүйенің жұмыс істеу принципі түсіндірілді. Қабылдағыштың дәлдік сипаттамаларына қойылатын талаптар жайында ақпарат жазылды. GPS қабылдағышы қабылдайтын сигналдардың параметрлері есептелді.

Жұмыстың мақсатын толықтай түсіндіре білген және тақырыпты жеткілікті дәрежеде ашқан.

Студент дипломдық жұмыста жасауда өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Дипломант Кеңес Нұрғиса алдына қойған техникалық тапсырмаларды орындай алатынын, әдебиеттермен жұмыс істей алатынын көрсетті. Жалпы дипломдық жұмысты «90/А/жақсы» деп бағалап, ал студент Кеңес Нұрғиса 5B074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры біліктілігіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші

Т.ғ.м., ЭТЖҒТ каф.лекторы

 Боранбаева А.

колы Т.А.Ә.

“ 27 ” 05 2022 ж.

СЫН – ШҚІР

Кеңес Нұрғиса Ғабитұлының «Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері» атты дипломдық жұмысы

Кеңес Нұрғисаның дипломдық жұмыс мақсаты бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері болып табылады.

Бұл дипломдық жұмыста GPS қабылдағышқа шолу және талдау жайынды. Ғаламдық радионавигациялық жүйенің жұмыс істеу принципі жайлы болып табылады. Қабылдағыштың дәлдік сипаттамаларына қойылатын талаптар жайында айтылып өткен. Техникалық деректері анықталып, тұтынушы аппаратурасы қабылдайтын навигациялық спутниктік сигналдардың құрылымы туралы. GPS қабылдағышы қабылдайтын сигналдардың параметрлерін есептеу жайлы деректерді қарастырған. Жұмыс үш бөлімнен тұрады, олардың әрқайсысы мақсаттарды ашады және оңтайлы радионавигациялық қабылдау құрылғысын жобалау негіздері мәселелерін шешеді.

Берілген дипломдық жұмыс барысында бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарын анықтау үшін толық информация жиналған. GPS жүйесінің жұмыс істеу принципі жайында толықтай түсіндіріп өткен. Тұтынушылардың навигациялық аппаратурасы жайында толықтай таныстырылған. GNSS қабылдағышының құрылымдық схемасының сипаттамысы көрсетілген. GPS қабылдағышы қабылдайтын сигналдардың параметрлерін есептеу арқылы жұмыс жасалынған. Жердегі тұтынушылар қабылдайтын радионавигациялық өріс қуатын қарастырған.

Бұл жұмыста GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін арттыру жайындағы ақпараттар болашақта өте маңызы зор. Өйткені бұл құрылғы қазіргі заманда көптеген тұтынушылар тарапынан сұранысқа ие болып табылады.

Жалпы, дипломдық жұмыс өте жоғары деңгейде орындалды, ақпараттық қауіпсіздік жүйелерін әзірлеуге және жұмысты жобалауға қойылатын барлық талаптар сақталды. Жұмыс мәтінінде стилистикалық қателер бар, олар орындалған жобаның сапасына әсер етпейді.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, дипломдық жұмыс 89 ұпайға лайық және қорғауға ұсынылады деп санаймын.

«Ғарыштық техника және
технологиялар институты» ЖШС
Ғарыштық жүйелерді әзірлеу
зертханасының меңгерушісі



С.А. Елубаев

«25» 06 2022 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Кеңес Нұрғиса Ғабитұлы

Тақырыбы: Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері

Жетекшісі: Ерлан Таштай

1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 3

Дәйексөз (35): 3.4

Әріптерді ауыстыру: 35

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

Ақ белгілер: 2

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

25.08.2022

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кеңес Нұрғиса Ғабитұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 5.1

Коэффициент Подобия 2: 3

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 35

Интервалы: 0

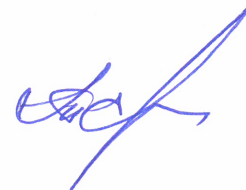
Белые Знаки: 2

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

25.05.2022
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кеңес Нұрғиса Ғабитұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Бір жиілікті GPS қабылдағыштың координаттарының дәлдігін анықтау әдістері

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 5.1

Коэффициент Подобия 2: 3

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 35

Интервалы: 0

Белые Знаки: 2

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

26.05.2022
Дата

проверяющий эксперт