

Міністерство промислової політики України
Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління

РАДІОНАВІГАЦІЙНИЙ ПЛАН УКРАЇНИ

ПРОЕКТ
(II редакція)

Посібник

Під загальною редакцією д.т.н. Кошового А.А.

Київ
2002

Радіонавігаційний план України (проект). Посібник/ Баранов Г.Л., Кошовий А.А., Падалко В.Г., Скорик Є.Т., Хавило В.І.

Під загальною редакцією д.т.н. Кошового А.А. – Київ, видавництво “КВІЦ” , 2002.-77 с.

У посібнику надано проект Радіонавігаційного плану України. Розглядаються головні системоутворюючі питання щодо державної політики у сфері радіонавігації та систем спостереження за рухом транспортних засобів різного призначення. Наведено опис задач, при вирішенні яких використовується радіонавігаційна інформація, вимоги кожної групи споживачів, перелік діючих технічних засобів радіонавігаційного забезпечення та систем спостереження. Розглянуто основні напрями розвитку радіонавігації, включаючи питання побудови майбутнього навігаційного забезпечення держави із застосуванням супутникових технологій при реалізації проектів за міжнародним співробітництвом.

Може бути корисним для споживачів радіонавігаційних послуг, інженерів та спеціалістів, які здійснюють розробку та експлуатацію комплексів і засобів навігації і управління рухом об’єктів різного призначення, аспірантів та студентів.

Рис. 2, табл. 21 , бібл.23 назв.

Рецензенти:

Заслужений діяч науки і техніки, лауреат Державної премії України,

Голова відділення транспортної академії України, доктор технічних наук, професор Національного транспортного університету **Л.С.Беляєвський**;

Заслужений машинобудівник України, доктор технічних наук, професор Національного авіаційного університету **В.В.Конін**.

Рекомендовано до видання Науково-технічною радою Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління.

Видання здійснене за рахунок Українського відділення Міжнародної академії навігації і управління рухом

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Перелік скорочень	6
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	6
1.1 Статус Радіонавігаційного Плану України	6
1.2 Призначення Радіонавігаційного Плану України	6
2 РОЗГОРНУТА КЛАСИФІКАЦІЯ СПОЖИВАЧІВ РАДІОНАВІГАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	7
2.1 Навігаційне забезпечення	7
2.2 Класифікація споживачів навігаційної інформації	7
3 ВИМОГИ СПОЖИВАЧІВ ДО РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ	10
3.1 Основні вимоги, що висуваються споживачами до радіонавігаційних систем	10
3.2 Вимоги повітряних споживачів до радіонавігаційних систем	11
3.3 Вимоги морських споживачів до радіонавігаційних систем	19
3.4 Вимоги річкових споживачів до радіонавігаційних систем	25
3.5 Вимоги наземних споживачів до радіонавігаційних систем	26
3.6 Геодезичне забезпечення споживачів	29
3.7 Врахування вимог окремих споживачів та формування загальних вимог усіх споживачів радіонавігаційного забезпечення України	30
4 КАТЕГОРІЇ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РАДІОНАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	35
4.1 Категорії існуючих наземних навігаційних систем	35
4.1.1 Радіотехнічні системи дальньої навігації	35
4.1.2 Радіотехнічні системи ближньої навігації	38
4.1.3 Системи посадки	41
4.1.4 Системи спостереження	44
4.2 Космічні навігаційні системи	46
4.2.1 Космічна навігаційна система „Цикада-М”	46
4.2.2 Космічна навігаційна система „Цикада”	46
4.2.3 Глобальна навігаційна супутникова система GPS	47
4.2.4 Глобальна навігаційна супутникова система ГЛОНАСС	47
4.2.5 Порівняльні характеристики систем GPS та ГЛОНАСС	48

4.2.6 Європейська система навігаційного забезпечення EGNOS	49
4.3 Апаратура споживачів радіонавігаційних систем	51
4.3.1 Апаратура споживачів наземних радіонавігаційних систем	51
4.3.2 Апаратура споживачів космічних навігаційних систем	51
4.4 Характеристики існуючих радіонавігаційних систем	51
5 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ВДОСКОНАЛЕННЯ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ	55
5.1 Концепція використання космічних навігаційних систем GPS та ГЛОНАСС	55
5.2 Концепція створення супутникових диференціальних підсистем	57
5.2.1 Диференціальні підсистеми СРНС	58
5.2.2 Диференціальні підсистеми наземних радіонавігаційних систем	59
5.3 Інтегрування радіонавігаційних систем	60
5.3.1 Інтегрування космічних радіонавігаційних систем	60
5.3.2 Інтегрування наземних радіонавігаційних систем	60
5.3.3 Інтегрування наземних і космічних радіонавігаційних систем	61
5.4 Віртуальні опорні станції супутникових радіонавігаційних систем	62
5.5 Функціональне доповнення Eurofix	63
5.6 Створення радіонавігаційного поля	65
5.7 Перспективи розвитку апаратури споживачів навігаційної інформації	65
6 СИСТЕМА КОСМІЧНОГО НАВІГАЦІЙНОГО (КООРДИНАТНОГО) І ЧАСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ	66
6.1 Загальна характеристика проекту	66
6.2 Заходи щодо поширення зони дії EGNOS на Україну	68
6.3 Поточний стан робіт та найближчі плани по створенню СКНЧЗУ	69
7 ЕТАПНІСТЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ	70
8 ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РЕАЛІЗАЦІЇ РНПУ	71
Джерела інформації	73

“Чтобы правильно судить о вещах возвышенных и великих, надо иметь такую же душу, в противном случае мы припишем им наши собственные изъяны. Весло, погруженное в воду, кажется нам надломленным. Таким образом, важно не только то, что мы видим, но и как мы его видим».

Мишель де Монтень
(1533-1592)

ПЕРЕДМОВА

Протягом усього розвитку цивілізації суспільство постійно зверталося до проблем удосконалення навігації і управління рухом транспортних засобів.

Минуле ХХ сторіччя увійшло в історію досягненнями техніки, які забезпечили значний прогрес в автомобільному та залізничному, морському і річковому транспорті, в авіації та космонавтиці.

Актуальність та важливість удосконалення навігаційного забезпечення держави обумовлена світовими вимогами підвищення безпеки руху всіх видів транспортних засобів, з яких найбільш масовим є автомобільний транспорт. Найбільш відомі з засобів масової інформації - авіаційні та морські аварії, що на жаль, мають місце з великомасштабними втратами.

Україна, входячи у ХХІ сторіччя, повинна у відповідності до міжнародних тенденцій та державної політики так інтегруватися у світову економіку, щоб гармонізувати усі сфери життя і діяльності суспільства, які суттєво залежать від конкретних дій людей, що постійно протікають у просторі та часі.

Сутність триєдиних зв'язків між дією, часом та простором потребує дисциплінарного статусу при управлінні рухом транспортних засобів, особливо, коли їх кількість значно зростає на окремих трасах або пунктах призначення.

Регулятивна функція держави та міжнародної спільноти забезпечується різними шляхами, у тому числі й розробкою державних радіонавігаційних планів.

Звертаємо увагу читачів, що термін “план” у даній роботі відповідає понятійному змісту традиційних іншомовних документів з подібною назвою; наприклад, “Радіонавігаційний план США”. Термін “Plan” означає уявлення, схему, концепцію, проект побудови системи, де обговорюються основні системоутворюючі загальні напрями у частині її побудови на принципах радіонавігації та способів використання споживачами радіонавігаційних послуг.

Відповідно до даного підходу Радіонавігаційний план України (РНПУ), як і плани інших держав, характеризує:

- задачі, при вирішенні яких використовується радіонавігаційна інформація;
- загальні і специфічні вимоги кожної групи споживачів;
- перелік діючих технічних засобів радіонавігаційного забезпечення;
- напрями підвищення ефективності діючих радіонавігаційних систем і засобів та їх розвиток і удосконалення;

- підходи до побудови системи майбутнього навігаційного забезпечення держави на принципах радіонавігації із застосуванням супутникових технологій у межах міжнародного співробітництва.

Впровадження державної політики щодо радіонавігаційного забезпечення виконується за РНПУ, який визначає умови забезпечення безпеки руху повітряного, морського, річкового і наземного транспорту за рахунок надання надійної навігаційної інформації, вирішення задач геодезії та картографії, а також розвитку широкого міжнародного співробітництва у напрямку сумісного використання радіонавігаційної інформації вітчизняними та закордонними споживачами, особливо при створенні та використанні транспортних коридорів.

Створення майбутньої глобальної навігаційної системи, у тому числі Європейської, потребує покрокового виваженого підходу. Перший крок повинен характеризувати як початковий стан, так і варіанти шляхів, що вже визначені міжнародною спільнотою за проектами EGNOS, GALILEO.

Автори зробили таку спробу та пропонують читачам ознайомитися з проектом Радіонавігаційного плану України, що гармонізується як складова частина Європейського радіонавігаційного плану (ERNP), який розробляється Європейською комісією на базі принципів, що узгоджені членами Європейського союзу. ERNP не обмежує національне радіонавігаційне планування та підтримує їх наявність.

На базі нижченаведених матеріалів передбачається розроблення відповідних нормативних документів щодо державного регулювання у сфері радіонавігації.

Колектив авторів висловлює щирю подяку членам Міжгалузевої комісії з питань навігації і управління рухом транспортних засобів та інших рухомих об'єктів при Кабінеті Міністрів України і членам Українського відділення Міжнародної академії навігації і управління рухом, відомим фахівцям України, що надали пропозиції та зауваження і прийняли участь в обговоренні першого для незалежної України проекту Радіонавігаційного плану, у тому числі: Бабійчуку Д.Г., Волоху К.П., Жигуліну В.М., Захаріну Ф.М., Карпінському Ю.О., Комарову В.Г., Лазареву Г.М., Максименку В.А., Марченку М.О., Махоніну Є.І., Павловському М.А, Скальку Я.І., Харченку В.П., Швецю О.В., Яцківу Я.С. та шановним рецензентам.

Для підготовки та випуску другої редакції Радіонавігаційного плану України просимо надсилати свої пропозиції та зауваження за адресою: 03150, м.Київ, вул. Димитрова, 5, ЦНДІ НіУ, факс.220-9334, e-mail: office@kvantn.com.ua.

Перелік скорочень

АНЗ	Аеронавігаційне забезпечення
ГЛОНАСС	Глобальна Навігаційна Супутникова Система (Росія)
ДП	Державне підприємство
ДС	Диференціальна система
ДСЄЧЕЧ	Державна система єдиного часу та еталонних частот
ДСРНС	Диференціальна супутникова радіонавігаційна система
ЄРНП	Єдине радіонавігаційне поле
КА	Космічний апарат
ККС	Контрольно-коригувальна станція
КМУ	Кабінет Міністрів України
КНЗ	Космічне навігаційне забезпечення
КНС	Космічна навігаційна система
МАМС	Міжнародна асоціація маякових служб (IALA)
МОУ	Міністерство Оборони України
НАТ	Нормативи авіаційної техніки
НКАУ	Національне Космічне Агентство України
ОПР	Організація повітряного руху
ПОЗ	Параметри оберту Землі
ПРС	Привідна радіостанція
ПС	Повітряне судно
РНПУ	Радіонавігаційний план України
РНС	Радіонавігаційна система
РСБН	Радіонавігаційна станція ближньої навігації
РТЗ	Радіотехнічні засоби
РФ	Російська Федерація
СЄЧ	Система Єдиного Часу
СКНЧЗУ	Система космічного навігаційного (координатного) і часового забезпечення України
СКП	Середньоквадратична похибка
СНС	Супутникова навігаційна система
СП	Система посадки
СРНС	Супутникова радіонавігаційна система
УПР	Управління повітряним рухом

Перелік іноземних скорочень

ADS	Автоматичне залежне спостереження
AIS	Автоматична ідентифікаційна система
C/A	Відкритий код СНС
CNS/ATM	Зв'язок, навігація, спостереження / Організація повітряного руху
DGNSS	Диференціальна глобальна навігаційна супутникова система
DGPS	Диференціальна глобальна позиційна система
DME	Далекомірне обладнання
EGNOS	Європейська геостационарна навігаційна глобальна служба
ERNP	Європейський радіонавігаційний план
GNSS	Глобальна навігаційна супутникова система
GPS	Глобальна позиційна система
ILS	Інструментальна система посадки
IMO	Міжнародна морська організація
RNP	Радіонавігаційний параметр
RTCM	Морський радіотехнічний комітет
VOR	Всенаправлений ДВЧ-радіомаяк
WGS-84	Світова геодезична система 1984

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Єдина державна політика щодо навігаційного забезпечення усіх споживачів (космічних, повітряних, морських, річкових, наземних та інших) передбачає пріоритетне рішення суспільних та оборонних задач на території та просторі України. Безпека руху різних видів транспортних засобів, якість виконання задач геодезії, картографії, екології, гідрометеорології, водного та земельного кадастру, науково-дослідних робіт, координація взаємодії між багатьма учасниками руху потребує просторово-часового вимірювання у будь-якій точці Землі в реальному масштабі часу при мінімальних витратах.

Існування цивілізації за принципами глобального використання простору та відповідних робочих зон міжнародного розподілу праці обумовило законодавче закріплення власних навігаційних планів, що зробила значна більшість провідних держав світу (США, Великобританія, Франція, Німеччина, Італія, Норвегія, Фінляндія, Японія, Китай та інші). Розвиток міжнародних корпоративних зв'язків України для вирішення власних державних потреб вимагає суттєвого покращення рівня радіонавігаційного забезпечення.

Крім того, міжнародні організації ІКАО й ІМО розробили перспективні стандарти з вимог до навігаційних характеристик, це значно підвищило вимоги до зони дії РНС, точності визначення місцезнаходження, цілісності та доступності.

Сучасні вимоги споживачів можливо задовольнити лише за допомогою нових супутникових технологій у сукупності із традиційними наземними РНС. Розвиток глобальної та локальної навігації призводить до змін наземної інфраструктури радіонавігаційних засобів на території України, котрі будуть відповідати світовим стандартам.

1.1 Статус Радіонавігаційного Плану України

Радіонавігаційний План України (далі РНПУ) висвітлює стан діючих радіонавігаційних систем, визначає перспективні технології та основні напрямки розвитку цих систем.

РНПУ є інформаційним документом, який орієнтує усіх споживачів навігаційних послуг щодо використання діючих та перспективних радіонавігаційних систем і уточнюється один раз на два роки.

1.2 Призначення Радіонавігаційного Плану України

Усі автономні споживачі здійснюють рух для вирішення власних або директивних завдань у межах їх функціональних дій. Тому для цього класу споживачів потрібні бортові навігаційні прилади або комплекси.

Системи інтегрованого та централізованого контролю та управління рухомими об'єктами потребують різноманітних засобів навігаційного забезпечення для власних потреб (рішення ієрархічних завдань верхнього рівня) та потреб автономних споживачів, що взаємодіють із ними.

Призначення РНПУ надавати споживачам необхідну інформацію про стан у сфері навігації, а також про технічні засоби, плани розвитку, терміни дії

радіонавігаційних систем у галузі навігації, а також про напрямки міжнародного співробітництва в сфері радіонавігації.

2 РОЗГОРНУТА КЛАСИФІКАЦІЯ СПОЖИВАЧІВ НАВІГАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

2.1 Навігаційне забезпечення

Завдання, які вирішуються з використанням радіонавігаційних систем (таблиця 1), поділяються на такі основні групи:

- транспортні;
- геодезичні;
- спеціальні.

Значні відмінності динамічних характеристик транспортних засобів вимагають врахування умов їхнього руху при навігаційному забезпеченні повітряних, морських, річкових та наземних споживачів, а також при геодезичній прив'язці. Особливе місце займають завдання навігації космічних апаратів.

Геодезичні здійснюються у таких напрямках:

- картографії, гідрометеорології та океанографії;
- кадастрового державного реєстру;
- геологорозвідка та добування корисних копалин;
- розташування радіобуїв, гідрометеорологічних і гідрохімічних дрейфуючих радіозондів та станцій, платформ та опорних станцій;
- створення геодезичних мереж, проведення земельних робіт.

Спеціальні мобільні об'єкти та засоби транспорту цивільного та військового призначення із різноманітними двигунами використовуються для здійснення особливих робіт господарчої діяльності різними підприємствами та відомствами України, включаючи Міністерство оборони, Міністерство внутрішніх справ, Міністерство з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Міністерство промислової політики, Міністерство екології та природних ресурсів, Національне космічне агентство, Департамент геодезії, картографії та кадастру, Державна гідрометеорологічна служба Міністерства екології та природних ресурсів, Держкомзем та інших державних установ.

2.2 Класифікація споживачів навігаційної інформації

Широкому колу споживачів для досягнення цілей з дотриманням правил безпеки руху у повітряному, морському, річковому та наземному просторах необхідні координатно-часові і навігаційні дані, дані висвітлювання обстановки, відображення ситуацій, управління рухом та маневруванням. Середовище, у якому рухаються об'єкти, обумовлює можливість їх класифікації:

- космічні – супутники, пілотовані та автоматичні космічні кораблі й станції, техногенні уламки (сміття), які небезпечні для діяльності космічних систем;
- повітряні – літаки, вертольоти, дирижаблі, повітряні кулі, аерологічні зонди, аерокосмічні засоби;

- морські – цивільні та військові надводні та підводні судна та кораблі, спеціальні платформи, апарати, інші засоби, які буксируються для здійснення промислової діяльності у морі;
- річні та озерні – судна, кораблі та спеціальні засоби, аналогічні морським;
- наземні – мобільні об'єкти, засоби автомобільного, електричного, залізничного та підземного транспорту цивільного та військового призначення, спеціальні рухомі об'єкти із різноманітними двигунами.

Глобальне завдання координатно-часового забезпечення за допомогою радіонавігаційних систем (РНС) рухомих об'єктів різноманітного призначення, потребує вирішення поточних питань для розробки, експлуатації, модернізації та їх розвитку.

Проблеми виведення супутників на космічні орбіти, керування та стабілізації їх руху у космосі, забезпечення відповідних режимів експлуатації космічної техніки та космічного зв'язку вирішують НКАУ та МОУ. Діапазони радіочастот узгоджуються з відповідними міжнародними організаціями.

Наземна інфраструктура та наземні комплекси та системи, які забезпечують радіонавігаційне поле, формуються з уніфікованих модулів та спеціальної апаратури під вимоги відповідних міністерств та відомств.

Вимоги до контрольно-корегувальних станцій диференційного режиму, каналів передачі інформації, радіомаяків, засобів топографічної прив'язки, електронних карт і таке інше визначають відповідні центральні органи виконавчої влади.

Структура завдань, які вирішуються з використанням радіонавігаційних систем

Жігуліну В.М.,

ЗАВДАННЯ, ЯКІ ПОТРЕБУЮТЬ НАВІГАЦІЙНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3 ВИМОГИ СПОЖИВАЧІВ ДО РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Для розв'язання цілого ряду завдань необхідне навігаційне забезпечення споживачів, вимоги до яких розрізняються в залежності від заданих умов.

Задачі, для розв'язання яких використовують навігаційне забезпечення, діляться на такі основні групи:

- транспортні;
- геодезичні;
- дослідні та інші.

У процесі розвитку транспорту постійно змінюються умови руху об'єктів, відповідно з цим змінюються й вимоги до технічних засобів навігаційного забезпечення.

3.1 Основні вимоги, що висуваються споживачами до радіонавігаційних систем

Основні вимоги споживачів до радіонавігаційних систем стосуються:

- робочої зони РНС;
- точності визначення місцезнаходження та параметрів руху;
- доступності РНС;
- цілісності РНС;
- безперервності обслуговування (функціонування) РНС;
- дискретності визначення місцеположення;
- пропускної спроможності РНС.

Робоча зона – це ділянка простору земної кулі (замкнута поверхня), в межах якої в будь-якій точці забезпечується можливість визначення місцезнаходження з необхідними точностями.

3.1.1 Вимоги до точності визначення

Точність визначення місцезнаходження та параметрів руху характеризується відхиленням певних (обсервованих) координат від істинних. Кількісною мірою точності є абсолютне значення різниці між розрахунковими та істинними значеннями координат або середньо – квадратичне відхилення.

Вимоги до точності місцевизначення об'єктів залежать від характеру завдань, які вирішуються споживачами. Чисельні значення точності місцевизначення (середньоквадратична похибка – СКП) змінюються в широких межах від часток метру до декількох кілометрів.

3.1.2 Вимоги до доступності РНС

Доступність РНС характеризує спроможність системи забезпечувати отримання споживачем необхідної інформації для достовірного визначення свого місцеположення у заданий момент часу з необхідною точністю. Чисельно доступність системи оцінюється ймовірністю отримання споживачем такої інформації.

Виходячи із забезпечення безпеки польотів літаків і плавання морських та річкових суден, найбільш високі вимоги, при яких доступність повинна

дорівнювати практично одиниці, висуваються повітряними споживачами при заходженні на посадку та посадку за категоріями ІСАО, морськими й річковими споживачами при маневруванні в порту й русі по внутрішніх водних шляхах.

3.1.3 Вимоги до цілісності РНС

Цілісність РНС характеризує спроможність системи попереджувати користувача про можливість її хибного стану шляхом виключання випадків, коли робочі характеристики системи виходять за допустимі межі. Чисельно система оцінюється ймовірністю доведення до споживачів інформації про порушення роботи системи в межах певного інтервалу часу.

Вимоги до цілісності РНС від морських, річкових та наземних споживачів більш низькі, ніж повітряних, в наслідок менших швидкостей руху і більших інтервалів поновлення інформації.

3.1.4 Вимоги до безперервності обслуговування (функціонування) РНС

Безперервність обслуговування (функціонування) характеризується ймовірністю безвідмовної роботи системи на протязі найбільш тривалих інтервалів часу виконання завдання. Чисельно вона характеризується пороговим інтервалом часу.

3.1.5 Вимоги до дискретності визначення місцеположення

Дискретність визначення місцеположення характеризується часовим інтервалом, за який можливе нове визначення місцеположення з використанням однієї і тієї ж РНС.

3.1.6 Вимоги до пропускної спроможності РНС

Пропускна спроможність характеризується кількістю споживачів радіонавігаційної системи, які можуть обслуговуватися водночас.

Враховуючи важливе значення своєчасного отримання навігаційної інформації для забезпечення безпеки плавання й польотів, пропускна спроможність РНС не повинна мати меж, а безперервність, чи інакше надійність обслуговування, повинна відповідати заданому значенню.

3.2 Вимоги повітряних споживачів до радіонавігаційних систем

3.2.1 Вимоги повітряних споживачів до РНС

Вимоги повітряних споживачів щодо точності визначення місця при заходженні на посадку по категоріях ІСАО наведені у таблиці 2, а вимоги залежно від завдань та районів (зон) польоту відповідно – у таблиці 3.

3.2.2 Додаткові засоби радіонавігації

Виходячи з концепції розвитку літакобудування, яка передбачає резервування обладнання для забезпечення безпеки польоту, одного принципового засобу позиціонування для магістральних ПС недостатньо. Окрім цього, в українських авіакомпаніях існує парк ПС, які не вимагають високоточного місцевизначення (ПС 3-го та 4-го класів) і які мають штатне

обладнання в обсязі існуючих РТЗ. Тому, доцільне, подальше доукомплектування діючих повітряних трас України РТЗ УКХ – діапазону, в тому числі маяками VOR та DME. На користь вибору саме цього типу наземних РТЗ говорить те, що вони по бортовому обладнанню ПС, які здійснюють рейси по міжнародних повітряних лініях, сумісні з наземним обладнанням практично по всім регіонам, куди здійснюють польоти ПС України. За оцінкою закордонних фахівців – користувачів цих радіонавігаційних систем маяки VOR/DME характеризуються високим показником „вартість-ефективність”.

При розміщенні цих засобів, за вимогами споживачів ПС, та рекомендаціями ІКАО щодо організації забезпечення повітряних трас РТЗ, враховують:

- розміщення кутовимірювальних систем (VOR) на лінії маршруту для можливості необмеженого їх використання споживачем навігаційної інформації;
- прокладку повітряних трас і обладнання їх РТЗ поза зонами літовищ з великою інтенсивністю руху (у тому числі міжнародних);
- для більш економного використання засобів, що використовуються на розгортання РТЗ, кількість маяків VOR/DME повинна визначатися оптимальністю їхнього розташування для найбільш повного вирішення завдань навігації та безпеки повітряного руху.

На цей час у межах України використовують наступну апаратуру:

1. Бориспіль – VOR-3000, DME FSD15, VOR-431, DME-FSD10-45;
2. Івано-Франківськ – VOR-4000, DME FSD15;
3. Дніпропетровськ, Одеса, Сімферополь, Харків – VOR-431, DME 435;
4. Маріуполь, Вінниця – DME 435.
5. Львів, Донецьк – VOR-432, DME-435.
6. Бахмач, Кривий Ріг, Керч – DME-435.

3.2.3 Особливості засобів навігації систем посадки

Основні засоби РТЗ треба направити на резервування обладнання РТЗ посадки ILS/DGPS. По мірі розвитку мережі УКХ-радіостанцій диференційних поправок та при позитивному досвіді їхньої експлуатації можливе зміщення акцентів на DGPS/ILS, де ILS буде виконувати резервну функцію.

Таблиця 2

Вимоги повітряних споживачів при заходженні на посадку по категоріях ІСАО

Категорія посадки	Висота над злітно-посадочною смугою для перевірки, м	Точність виміру координат (СКП)		Доступність	Цілісність
		Бічна помилка, м	Вертикальна помилка, м	Імовірність	Імовірність (термін)
I	30,0	4,5...8,5	1,5...2,0	0,999999	0,99999 (6с)
II	15,0	2,3...2,6	0,7...0,85	0,9999999	0,999999 (2с)
III	2,4	2,0	0,2...0,3	0,9999999	0,9999999995 (1с)

**Вимоги повітряних споживачів залежно від завдань та районів (зон)
(окрім заходження та посадки по категоріях ІСАО)**

Задачі, які вирішуються	Зони польоту	Точність виміру координат (СКП), м	Доступність	Цілісність
Політ повітряного судна: а) політ за маршрутом	1.Над океаном (місцевість без орієнтирів)	5800	0,999	0,999 (10 с)
	2.Повітряні траси шириною 20 км	2500		
	3.Повітряні траси шириною 10 км	1250		
	4.Місцеві повітряні лінії: II категорії	250		
	5.Повітряні траси при використанні методу зональної навігації	230		
б) політ у зоні літовища		200	0,9999	0,999 (10 с)
в) позакатегорійне заходження на посадку		50	0,99999	0,9999 (10 с)
г) спеціальні польоти, у т. ч. для розвідки корисних копалин, пошукових та рятувальних робіт, аерофотозйомки та інші		1...10	0,999999	0,9999 (10 с)

3.2.4 Вимоги до навігаційних характеристик (RNP)

Безперервне зростання обсягів авіаперевезень потребує зростання вимог до пропускної спроможності повітряного простору і зумовлює необхідність його оптимального використання. Ці фактори, у тому числі, можливість забезпечення експлуатації за рахунок використання оптимальних маршрутів, а також підвищена точність сучасних навігаційних систем, створили умови для появи концепції RNP.

Концепція RNP визначає характеристики засобів навігації в межах певного району повітряного простору і тому виявляє вплив як на повітряний простір, так і на повітряне судно.

Спеціальний комітет ІКАО з майбутніх аеронавігаційних систем визначив, що засіб, який найбільш широко використовувався в минулому для забезпечення необхідних навігаційних можливостей, ґрунтувався на обов'язковій наявності певного складу обладнання.

Такий підхід обмежував оптимальне застосування сучасного бортового обладнання. Крім того, з появою навігаційних супутників та подальшого використання цього методу навігації виникає складне завдання, пов'язане з вибором обладнання. Для його подолання ІКАО розробив концепцію необхідних навігаційних характеристик (RNP).

Вони визначені характеризувати повітряний простір за допомогою показника точності утримання навігаційних характеристик (типу RNP), який повинен забезпечуватися в межах цього повітряного простору.

Тип RNP визначає точність утримання навігаційних характеристик усіма споживачами та при всіх сполученнях навігаційних систем у межах деякого повітряного простору.

RNP можуть встановлюватися для маршруту, лави маршрутів, району, об'єму повітряного простору, і які обираються фахівцями з повітряного планування або повноважними органами.

Установлені RNP при цьому будуть визначати необхідний рівень бортового обладнання та інфраструктуру повітряного простору.

Усього визначено шість типів RNP при польотах за маршрутами на основі точності утримання навігаційних характеристик з імовірністю 95 відсотків.

RNP1	=	1,85	км	(1,0 морська миля);
RNP4	=	7,40	км	(4,0 морські милі);
RNP5	=	9,20	км	(5, 0 морських миль);
RNP10	=	18,50	км	(10,0 морських миль);
RNP12,6	=	23,30	км	(12,6 морських миль);
RNP20	=	37,00	км	(20,0 морських миль).

Тип RNP1 призначається для забезпечення найбільш ефективних польотів за маршрутами ОПР у результаті використання найбільш точної інформації про місцеположення, а також для забезпечення польотів та організації повітряного

простору при переході із зони літовища до необхідного маршруту й у зворотному порядку.

Типи RNP4 та RNP5 призначаються для маршрутів ОПП і схем повітряного простору, оснований на обмеженій відстані між навігаційними засобами. Цей тип призначений для використання в континентальному повітряному просторі.

Типи RNP10 та RNP12,6 забезпечують обмежену оптимізацію маршрутів у районі зі зниженим рівнем забезпечення навігаційними засобами в будь-якому контрольованому повітряному просторі, у будь-який час.

Тип RNP20 – це мінімальний рівень, що повинен забезпечуватися будь-якою ОПП у будь-якому контрольованому повітряному просторі в будь-який час.

Необхідні навігаційні характеристики (RNP) для посадки наведені в таблиці 4.

**RNP для операцій заходження на посадку, посадки і вильоту
(одиниці точності та інтервали утримання, що входять до системи CI)**

<u>Тип RNP</u> Готовність	Типова відповідна операція	Точність з імовірн. 95% (бокова/вертикаль- на площини)	Інтервал утримання (бокова/верти- кальна площини)	Цілісність	Безперервність та критичний час
1	2	3	4	5	6
<u>RNP1</u> (см Doc. 9613)	Політ за маршрутом і перехід до етапу заходження на посадку та етап вильоту	±1853 м			
<u>RNP 0,5</u> 0,95	Початкова ділянка заходження на посадку, виліт	±926 м	±1853 м	1-10 ⁻⁵ /год.	1-10 ⁻⁴ /год.
<u>RNP 0,3</u> 0,95	Початкова або проміжна ділянка заходження на посадку, неточне заходження на посадку, виліт	±556 м	±1112 м	1-10 ⁻⁵ /год.	1-10 ⁻⁴ /год.
<u>RNP 0,3/125</u> 0,95	Заходження на посадку за приладами з наведенням у вертикальній площині	±556 м/38 м	±1112м/76 м	1-10 ⁻⁵ /год.	1-10 ⁻⁴ /год.
<u>RNP 0,03/50</u> 0,9975	Точний захід на посадку по НАТ у 100 м (350 фут) (забезпечує операції категорії 1)	±56м/15 м	±167 м/46 м	13,5*10 ⁻⁷ (на протязі будь-якої однієї операції) час видачі попередження 6 секунд	1-1*10 ⁻⁵ (у будь-який період 15 секунд)

Продовження таблиці 4

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
<u>RNP0,02/40</u> 0,9975	Точне заходження на посадку по НАТ у 60 м (200 фут) (забезпечує операції по категорії 1)	±37 м/12 м	±111 м/47 м	$1-3,5 \cdot 10^{-7}$ (на протязі будь-якої однієї операції) час до видачі попередження 6 секунд	$1-1 \cdot 10^{-5}$ (у будь-який період у 15 секунд)
<u>RNP0,01/15</u> 0,9985	Точне заходження на посадку по НАТ у 30 м (100 фут) (забезпечує операції по категорії 2)	±19 м/5 м	±56 м/14 м	$1-2,5 \cdot 10^{-9}$ (на протязі будь-якої однієї операції) час до видачі попередження 1 секунда	$1-6 \cdot 10^{-5}$ (у будь-який період у 15 секунд)
<u>RNP 0,003</u> 0,999	Точне заходження на посадку по НАТ менш 30 м (100 фут), посадка та виліт, а також наведення при пробігу (забезпечує операції по категорії 3)	±6 м включає вимоги до торкання, пробігу та розбігу при злітанні	±17 м	$1-2 \cdot 10^{-9}$ (на протязі будь-якої однієї операції) час видачі попередження 1 секунда	$1-6 \cdot 10^{-5}$ (у будь-який період у 30 секунд)

3.3 Вимоги морських споживачів до радіонавігаційних систем

3.3.1 Етапи плавання морських суден

В морському транспорті визначені наступні фази (етапи) руху морських суден:

- у відкритому морі (океані);
- у прибережній зоні (на відстані менш 50 миль від берега);
- проходження вузькостей, вхід до порту та гавані;
- маневрування в порту.

Міжнародні вимоги морських споживачів до точності визначення місця суден, доступності, цілісності РНС у залежності від районів плавання визначені Міжнародною морською організацією (Резолюції А.529(13) та А.815(19)).

3.3.2 Міжнародні вимоги до навігаційного забезпечення морських споживачів

Надійне навігаційне забезпечення має важливе значення для безпеки плавання і високої економічної ефективності експлуатації суден, особливо, у прибережних водах, де обмежене маневрування. З урахуванням цього в ІМО широко обговорюється питання використання на судах радіонавігаційних засобів, у тому числі для визначення необхідної точності радіонавігаційного забезпечення, вибору та визнання радіонавігаційних систем як міжнародних, доступних для використання споживачами різних держав, прийняття вимог про обов'язкове оснащення певних типів суден радіонавігаційною апаратурою та визначення техніко-експлуатаційних вимог (стандартів) на цю апаратуру.

У 1983 р. на 13 Асамблеї ІМО була прийнята Резолюція А.529 (13), яка містить стандарти точності судноводіння. У резолюції Асамблея рекомендувала урядам-членам ІМО застосовувати стандарти точності судноводіння при оцінці ефективності роботи систем, призначених для визначення місця судна, в тому числі, до систем радіонавігації, включаючи аналогічні супутникові системи. У якості характеристик точності судноводіння при оцінці систем у ІМО прийнято використовувати помилки обсервації місця судна з 95% рівнем імовірності та проміжок часу, який минув з моменту останньої обсервації. Стандарти точності судноводіння ІМО визначають вимоги, що задовольняють вимогам безпеки плавання. При цьому райони плавання для суден, які рухаються зі швидкістю до 30 вузлів, поділяються на дві основні зони:

- підходи до портів та портові води, а також вузькості, в яких обмежена свобода маневрування;
- інші води, зокрема, відкрите море та прибережні райони.

У першій зоні вимоги щодо точності судноводіння залежать від місцевих обставин, як правило, характеризуються величинами похибок 10-20 м та визначаються національними морськими Адміністраціями.

У другій зоні вимоги щодо точності судноводіння повинні бути не менше 4% від відстані до найближчої навігаційної небезпеки, з максимумом у 4 милі при найбільшому допустимому інтервалі часу від останньої обсервації. Цей інтервал визначається по наведеним у Резолюції графікам та таблицям у залежності від точності обчислення шляху та точності обсервацій. Але й у цій зоні при плаванні на відстані 5-6 кабельтов від небезпеки, необхідна похибка визначення місця не

повинна перевищувати відповідно 4050 м (95%) при дискретності поновлення координат у декілька секунд.

У 1989 р. на 16 Асамблеї ІМО була прийнята Резолюція А.666 (16), в якій визначені експлуатаційні вимоги до всесвітніх радіонавігаційних систем та порядок їхнього визнання з боку ІМО. Основними експлуатаційними характеристиками радіонавігаційних систем, які використовуються для їхньої оцінки, є точність, доступність, надійність, частота обсервацій, та робоча зона. У даній Резолюції вказано, що визнання ІМО радіонавігаційної системи буде означати, що вона відповідає міжнародним вимогам та забезпечує визначені функції. При цьому визнання системи необхідно здійснювати зі згоди держави, яка володіє системою і яка повинна взяти на себе зобов'язання забезпечувати:

- гарантію можливості тривалого використання РНС;
- надійну її роботу;
- низьку вартість використання системи для споживачів, що пов'язано, зокрема, з можливістю вирішення завдання радіонавігаційного забезпечення з використанням на судні одного прийомоіндикатора РНС та відмови від дублюючого обладнання;
- можливість визначення місцеположення із заданими точністю та дискретністю, у межах 99,8% на протязі 30-ти діб, інакше кажучи – застосування системи усіма споживачами в зоні її дії з доступністю 99,8%;
- прийняття належних засобів для постійного контролю за можливістю використання системи та точністю обсервацій;
- передачу інформації споживачам про працездатність системи з мінімальною затримкою не більш 10 секунд;
- прийняття належних засобів для забезпечення безпеки мореплавання у випадках, коли виникає необхідність внесення змін у характеристики або параметри системи, що можуть негативно вплинути на якість роботи суднової апаратури;
- при внесенні таких змін ІМО повинна бути завчасно оповіщена про це також, як і споживачі системи;
- надання допомоги зацікавленим міжнародним організаціям у підготовці експлуатаційних стандартів для суднового прийомного обладнання системи.

Оцінка радіонавігаційних систем, для їхнього визнання як міжнародних, буде проводитися по єдиній процедурі, прийнятій ІМО, і здійснюватися по її дорученню національними адміністраціями країн-членів ІМО. У якості критеріїв для оцінки, за пропозицією Міжнародної Асоціації Маячних Служб (МАМС), можливе використання наступних системних характеристик:

- абсолютна точність навігаційного визначення;
- дискретність обсервацій;
- надійність системи;
- завадозахищеність системи;
- доступність системи для споживачів;
- наявність інформації про стан системи.

У 1995 р. на 41 сесії ІМО Підкомітетом по безпеці мореплавання підготовлена для схвалення на 19 Асамблеї ІМО в 1996 р., нова редакція вимог до всесвітньої радіонавігаційної системи замість Резолюції А.666 (16).

В таблицях 5, 6 та 7 наведені вимоги до навігаційного забезпечення суден, що виконують спеціальні задачі, в тому числі, для рибпромислових суден.

В цей час у міжнародних організаціях (ІМО, IALA і ін.) ведуться роботи по уточненню вимог до точності обсервацій і інших точнісних характеристик, а також процедури їхньої перевірки.

Вимоги до точності визначення координат для конвенційних суден у відкритому морі відповідають резолюції А.529 (13), а для районів, обмежених у навігаційному відношенні, вони складають від 10 м до 200 м (табл. 5). Для суден водотоннажністю менш 150 брт, прогулянкових суден та суден, що не мають механічного двигуна, вимоги до точності при плаванні в прибережних районах складають 10...100 м (табл. 6).

Для суден, які виконують спеціальні роботи (морські дослідження, гідрографічні роботи, прокладка кабелю або трубопроводу і т. п.), точності не повинні бути гіршими 10 м, а для суден, які здійснюють рибний промисел, коливаються від 5 до 100 м у залежності від району плавання (табл. 7).

У вересні 1995 р. на сесії Робочої групи ІМО по майбутній глобальній навігаційній супутниковій системі (GNSS) і на 41 сесії Підкомітету по безпеці мореплавання розпочата розробка вимог морських споживачів до GNSS. Проект таких вимог викладений у таблиці 8. Вони є попередніми і згодом можуть бути уточнені та стосуються забезпечення мореплавання у відкритому морі, передусім:

- задач безперервного обчислення путі на електронних картах;
- контролю й управління рухом суден по заданій траєкторії;
- залежного контролю за суднами в автоматичних ідентифікаційних системах;
- запису інформації в „чорний ящик”;
- використання іншими системами.

Вимоги, пов'язані з рибним і нафтогазовим промислами, гідрографічними роботами й забезпеченням рішень інших специфічних задач для моря можуть бути більш жорсткими, ніж наведені у таблиці 8.

Таблиця 5

Вимоги до навігаційного забезпечення суден в залежності від району плавання

Райони плавання/ обмеження по водотоннажності суден	Точність виміру координат (СКП), м	Доступність, %	Максимальна дискретність обсервацій, секунд
Відкрите море – без обмежень для всіх суден	У відповідності з Резолюцією А.529 (13)	99,8	У відповідності з Резолюцією А.529 (13)
Плавання в портах: при підходах до них, а також у вузькостях при обмежені маневрування	10	99,8	2
Прибережні води: – обмеження для суден понад 4000 брт	20...200	99,8	30
– обмеження для суден понад 10000 брт	10...150	99,8	30
– обмеження для суден понад 1600 брт	10...100	99,8	30
– обмеження для суден понад 150 брт	10...100	99,8	30

Таблиця 6

Вимоги до навігаційного забезпечення суден малого тоннажу

Судна	Точність виміру координат (СКП), м	Доступність, %	Максимальна дискретність обсервацій, секунд
Судна менш 150 брт	20...100	99,8	30
Судна без механічного двигуна	20...100	99,8	30
Яхти	10...100	99,8	30

Таблиця 7

Вимоги до навігаційного забезпечення рибпромислових суден та суден, що виконують спеціальні завдання

Спеціальні завдання, що вирішуються у морі	Точність виміру координат (СКП), м	Доступність, %	Максимальна дискретність обсервацій, секунд
Пошук корисних копалин	1...3	99,8	10
Прокладка кабелів	1...2	99,8	10
Прокладка трубопроводу	1...2	99,8	10
Гідрографічні дослідження	1...10	99,8	10
Установка навігаційних засобів	1...10	99,8	10
Днопоглиблювальні роботи	1...10	99,8	10
Швартові операції	1...5	99,8	10
Рибний промисел (у відкритому морі)	10...100	99,8	10
Рибний промисел (у прибережних водах)	5...100	99,8	10
Рибний промисел (у вузькостях)	5...50	99,8	10

Попередні вимоги морських споживачів до майбутньої глобальної навігаційної системи

Параметри	Вимоги	Примітки
1. Точність системи (*), відносно визначення положення антени: – абсолютна похибка; – повторювана похибка.	10 м (95%) 14 м	1. У відкритих водах точність у межах 50...100 м може бути достатньою. 2. Вимоги, що пов'язані із випадками „людина за бортом” та пошуковими операціями.
2. Системи (*): – затримка оповіщення про вихід із ладу; – допустимі межі погіршення роботи системи.	10 секунд 25 секунд	1. Затримка визначається, як інтервал часу від моменту виходу з ладу до надходження інформації про це на судновий місток. 2. Для високошвидкісних суден (швидкість > 30 вузлів) і безпосереднього управління судном; вимоги, що стосуються затримки, можуть бути вище (до 2 секунд).
3. Доступність системи (**) – допустимі межі погіршення роботи системи	99, 8% (на протязі 30 діб) Ненавмисна перерва у роботі не повинна бути більшою 3-х секунд	1. Допускається, що ця вимога пов'язана із тривалістю рейсу судна. 2. Вимоги, що стосуються доступності, враховують системи.
4. Надійність системи (**) при нормальному її функціонуванні	99,97% (на протязі року)	
5. Зона покриття системи (**)	Глобальна	
6. Неоднозначність навігаційного визначення системи (*)	Не повинна бути	
8. Дискретність відновлювання даних про координати (*)	2 секунди	
9. Пропускна спроможність системи	Необмежена	

* – стосується і суднової прийомної апаратури;

** – не стосується суднової прийомної апаратури.

Аналіз основних характеристик систем радіонавігації, які знаходяться в експлуатації і які ще розроблюються, показує, що жодна з них повністю не задовольняє міжнародним та національним вимогам до навігаційного забезпечення морських та річкових суден. Найбільш повно задовольняють цим вимогам СНС другого покоління. Основними перевагами СНС другого покоління при використанні цивільними споживачами сигналів стандартної точності в штатному режимі є глобальність, висока точність та безперервність визначення координат, швидкості та поправки часу, а також можливість підвищення точності й надійності навігаційного визначення за рахунок застосування диференційного режиму при створенні диференційних підсистем СНС. Необхідно відзначити, що ці системи практично цілком задовольняють вимогам до навігаційного забезпечення морських споживачів у частині точності, доступності та робочої зони. Проводяться роботи, направлені на поліпшення характеристик цілісності систем у плані підвищення ймовірності, вірогідності, контролю оцінки їхньої дієздатності, а також підвищення та скорочення часу оповіщення споживачів даними про системи. Аналіз результатів багатьох експериментальних досліджень, у тому числі проведених в Росії у 1993-1995 роках натурних випробувань прийомодікаторів СНС GPS Mx200, Mx300, NavTracXL NT200D, МК-90 та інших типів фахівцями ЦНДІМФ, державні випробування дослідного зразка прийомодікатора „Бірюза СН-4” розробки НДІ „Квант-Навігація”, а також прийомодікаторів системи ГЛОНАСС – „Шкіпер” та сумісної апаратури ГЛОНАСС та GPS серії СН-3100 розробки ДП „Оризон-Навігація” показали, що похибки визначення місцеположення по сигналам стандартної точності систем ГЛОНАСС та GPS у штатному режимі не перевищують відповідно 50 м та 100 м, а у диференційному режимі не перевищують 1...10 м (із імовірністю 95%). Слід зауважити, що виключення режиму селективного доступу в системі GPS у 2000 р., позначилось на підвищенні точності системи GPS до 25 м.

З отриманих даних видно, що СНС другого покоління у штатному та диференційному режимах при використанні сигналів стандартної точності задовольняють вимогам до навігаційного забезпечення суден по характеристиках точності в усіх районах плавання, в тому числі при підходах до портів, у портових водах та у вузькостях при обмеженій свободі маневрування.

СНС забезпечують при оснащенні суден відповідною апаратурою виконання мінімальних вимог по визначенню координат судна та більш складних вимог по розв'язуванню різноманітних навігаційних завдань, у тому числі планування та вибір маршруту, плавання по маршруту з розрахунком різноманітних необхідних даних і таке інше.

3.4 Вимоги річкових споживачів до радіонавігаційних систем

Для річкових споживачів основними даними при визначенні вимог до радіонавігаційних систем є такі характеристики внутрішніх водних шляхів: габарити судового ходу, його глибина та співвідношення до головних розмірів суден (довжина, ширина, осадка).

Таким чином, вимоги річкових споживачів до доступності РНС залежать від районів плавання по річках України.

Вимоги річкових споживачів до цілісності системи становлять 0,98.

У таблицях 9 та 10 наведені вимоги річкових споживачів до точності визначення місця судна, в залежності від завдань, які вирішуються, і районів плавання для великогабаритних суден, у тому числі (типу „ріка-море”).

Таблиця 9

Вимоги річкових споживачів у залежності від районів плавання

Задачі, які вирішуються	Райони плавання	Точність виміру координат (СКП), м
Рух судна по внутрішніх водних шляхах	Озера, водосховища	25,0
	Ріки	3,0...5,0
	Канали	3,0...5,0

Таблиця 10

Вимоги річкових споживачів у залежності від задач, які вирішуються

Задачі, які вирішуються	Вірогідність	Робоча зона	Помилка (СКП), м	Доступність	Цілісність
Рух судна по внутрішніх водних шляхах	0,99	Регіональна	3...5 м	0,999	0,99
		локальна, зональна	5...15 м	0,99	
Картографія	0,99	- " -	0,25...0,5 м 0,5...3,0 м	0,99	0,9
Розміщення засобів навігаційного обладнання	0,99	- " -	- " -	0,99	0,9
Дослідна робота по заміру глибин та визначенню габаритів внутрішніх водних шляхів	0,99	- " -	- " -	0,99	0,9

3.5 Вимоги наземних споживачів до радіонавігаційних систем

Для навігаційного забезпечення наземних транспортних засобів і організації їхнього управління, як правило, використовуються радіонавігаційні системи, електронні карти та системи зв'язку.

Наразі розроблені та експлуатуються комплексні та інтегровані бортові прилади навігації та зв'язку, які забезпечують автоматичне визначення координат транспортного засобу й передачу їх у центр спостереження та управління, а також прийом даних управління з центру.

Окрім управління рухом транспортних об'єктів споживачі вирішують завдання геологорозвідки, картографії, геодезії, землеустрою, прив'язки маяків, опорних станцій СНС та інші.

Поки що вимоги до навігаційного забезпечення наземних споживачів на міжнародному рівні не визначені.

Вимоги наземних споживачів до точності місцезнаходження транспортних засобів:

- при організації перевезень пасажирів і вантажів у процесі господарської діяльності вимоги до точності місцезнаходження транспортних засобів з похибкою не більше 100 м (максимальна похибка) задовольняють потреби автомобільно-дорожньої галузі;
- при розв'язуванні спеціальних завдань (стеження за екологічно небезпечними вантажами, захист від викрадення та пошук викрадених транспортних засобів і т. і.), вимоги до точності місцезнаходження є більш високими – не менше 5...15 м (гранична похибка).

Вимоги наземних споживачів до розмірів робочої зони задаються виходячи з аналізу територіально-просторових умов реалізації завдань, при яких використовуються інформаційно-навігаційні технології:

- територія України, території країн ближнього та дальнього зарубіжжя – при організації внутрішніх та міждержавних перевезень;
- глобальна зона – при організації інтермодальних перевезень, включаючи перевезення вантажів річковим та морським транспортом.

Вимоги до дискретності (темпу) поновлення координатної інформації задаються на підставі аналізу структури тих або інших технологій:

- при контролі та управлінні великими угрупованнями транспортних засобів – не більш 1 секунди (по кожному транспортному засобу, який входить до складу угруповання);
- при вирішенні спеціальних завдань – не більше 1 секунди;
- при контролі та управлінні поодинокими транспортними засобами, при їхньому русі в умовах міста та по магістралях – 0,5...1 хвилина.

При формуванні вимог до доступності наземних споживачів до радіонавігаційних систем виходять з критеріїв рішення (досягнення) тих або інших завдань, які реалізуються при використанні відповідних технологій контролю та управління транспортними процесами.

При контролі та управлінні великими угрупованнями транспортних засобів, а також при розв'язуванні спеціальних завдань допускається не більше одного відсотка обсервацій, у яких не виконуються вимоги щодо точності. Звідси, вимога до доступності даної категорії транспортних засобів до РНС, визначається значенням імовірності не менше 0,99.

При контролі та управлінні поодинокими транспортними засобами допустима частка сеансів, у яких вимоги щодо точності не виконуються, може складати величину до 5 відсотків, що зумовлює значення вимог до доступності РНС для поодиноких транспортних засобів на рівні 0,95.

Вимоги споживачів автомобільно-дорожнього комплексу до цілісності РНС задаються виходячи з можливостей відображення в автоматизованих системах

контролю та управління транспортними процесами тих тимчасових інтервалів, на яких споживачам зможе надходити з РНС невірні (помилкова) навігаційна інформація. Системи управління транспортними процесами можуть в обмежений час протидіяти такій інформації. В якості показника цілісності контролю та управління задається чисельне значення можливого часу протидії помилковій інформації, по закінченні якого повинно надійти повідомлення про порушення функціонування РНС. В існуючих системах диспетчерського контролю та управління транспортними процесами час, що витрачається на відкриття й доведення до споживача повідомлень (команд) про виключення з числа діючих неправдивих джерел навігаційних сигналів не повинно перевищувати 15...30 секунд з імовірністю 0,95.

Вимоги споживачів наземного транспорту до радіонавігаційних систем в узагальненому вигляді наведено у таблиці 11.

Уже зараз розроблені і пропонуються комплексні та інтегровані пристрої навігації та зв'язку, котрі забезпечують автоматичне визначення координат транспортного засобу та передачу їх у центр спостереження та керування, а також прийом даних із центру.

Вимоги до навігаційного забезпечення наземних споживачів на міждержавному рівні не визначені.

Попередні вимоги до навігаційного забезпечення наземних споживачів наведені у табл. 12.

Таблиця 11

Вимоги наземних споживачів до радіонавігаційних систем

Задачі, які вирішуються	Характеристики				
	Робоча зона	Точність (гранична)	Темп поновлення координат	Доступність	Цілісність
Контроль та управління рухом транспортних засобів					
Великі угруповання	Територія України	100 м	1 секунда	0,99	$T_{\text{понов}}=15...30 \text{ с}$ $P=0,9$
Поодинокі засоби	Територія України та СНД	100 м	0,5...1 хв.	0,95	$T_{\text{понов}}=15...30 \text{ с}$ $P=0,9$
При розв'язанні спеціальних завдань	Територія України	5...15 м	1 секунда	0,99	$T_{\text{понов}}=15...30 \text{ с}$ $P=0,9$

Попередні вимоги до навігаційного забезпечення наземних споживачів

№ п/п	Задачі, які вирішуються	Характеристики			
		Покриття (дальність)	Точність виміру координат (СКП)	Доступність	Цілісність
1	Управління рухом транспортних засобів:				
	– по довільних маршрутах	Регіональне, локальне	10...1000 м	Не визнач.	Не визнач.
	– по встановлених маршрутах	Регіональне, локальне	20...100 м	Не визнач.	Не визнач.
	– для вирішення спеціальних завдань	Локальне	5...15 м	Не визнач.	Не визнач.
2	Геологорозвідка й добування корисних копалин	Регіональне, локальне	1...5 м	0,95	Не визнач.
3	Прив'язка маяків, опорних станцій РНС	Регіональне, локальне	10...15 см		
4	Картографія, геодезія, землеустрій	Глобальне, регіональне, локальне	0,25...5,0 м	Не визнач.	Не визнач.

3.6 Геодезичне забезпечення споживачів

Окрім транспортних завдань наземні споживачі розв'язують завдання геологорозвідки, картографії, геодезії, землеустрою, прив'язки маяків, опорних станцій СНС та інші.

Вимоги до геодезичного забезпечення різноманітних груп наземних споживачів значно відрізняються як по точності, так і по оперативності.

У таблиці 13 наведені вимоги споживачів до точності геодезичного забезпечення при рішенні спеціальних задач.

Для розв'язання прикладних задач у геодезії, виміри виконуються відносно пунктів опорної геодезичної мережі з використанням засобів відносних визначень. Вихід на сантиметровий рівень точності астрономо-геодезичних мереж, а у подальшому на міліметровий рівень у 2010 р., є однією з основних цілей забезпечення розв'язання завдань геодинаміки. Це особливо важливо для сейсмоактивних районів.

Необхідний рівень точності визначення координат пунктів геодезичної мережі впливає з вимог до геодезичного обґрунтування кадастрових зйомок великого масштабу й закріплення меж землекористування.

Фундаментальні завдання вирішуються засобами й методами супутникової та традиційної наземної геодезії й гравіметрії.

Прикладні завдання геодезії вирішуються засобами та методами наземної геодезії, гравіметрії та фотограмметрії.

Для розв'язання фундаментальних та прикладних завдань геодезії необхідно проводити дослідження по розробці нових засобів та методів і, у першу чергу, по використанню космічних радіонавігаційних систем та космічних геодезичних комплексів.

3.7 Врахування вимог окремих споживачів та формування загальних вимог усіх споживачів радіонавігаційного забезпечення України

Крім класифікації споживачів РНПУ по групах, можлива також інша класифікація споживачів за особливими та відомчими ознаками.

Врахування індивідуальних вимог окремих споживачів здійснюється за принципами пріоритету державних інтересів. Власні потреби не повинні завдавати шкоди усім масовим категоріям споживачів.

Узагальнення вимог до радіонавігаційних систем визначені на підставі вимог повітряних, морських, річкових, наземних та космічних споживачів з урахуванням міжнародних вимог щодо забезпечення найбільш поширених повітряних та морських споживачів радіонавігаційної інформації.

Міжнародні вимоги до навігаційного забезпечення ПС та суден визначені у документах міжнародних організацій ІКАО та ІМО.

Основні узагальнені вимоги усіх типів споживачів до радіонавігаційного забезпечення України наведені у таблиці 14.

Вимоги споживачів до точності геодезичного забезпечення

Характер завдань	Завдання геодезичного забезпечення	Споживачі	Точність визначення параметрів (СКП)	
			У 1996 р.	У 2002 р.
1	2	3	4	5
Ф У Н Д А М Е Н Т А Л Ь Н И Й	1. Створення геоцентричної системи координат (точність відносно центру мас Землі), м	Космічні дослідження, фундаментальна наука	1,0	0,1
	2. Визначення параметрів гравітаційного поля Землі: - висоти геоїда глобально, м; - відхилення прямої лінії, кут. секунд	Навігація, фундаментальна наука, океанографія, космічна геодезія	1,0 0,5...1,0	0,1 0,3...0,5
	3. Створення фундаментальної геодезичної мережі: - кількість пунктів - точність геоцентричних координат, м - взаємне положення пунктів при довжинах сторін від 200 км до 5000 км, м	Фундаментальна наука, геодинаміка, споживачі державних геодезичних мереж (ДГМ)	16+ЛГГС ¹⁾ 1 0,01...0,1	20+РГГС ²⁾ 0,1 0,002...0,005
	4. Створення астрономо-геодезичної мережі: - кількість пунктів - точність, м - взаємне положення при довжинах сторін від 20 км до 200 км, м	Фундаментальна наука, обсерваторії НАН України, пункти фундаментальної та геодинамічної перманентної мережі, наземні марки	5000 1 0,01...0,1 м	5000 0,1 0,005...0,01 м
	5. Визначення параметрів обертання Землі: - координати полюсів, кут. секунд - всесвітній час, мс	Служба контролю параметрів обертання, фундаментальна наука, геодезія, космічні дослідження	0,003 0,5	0,002...0,001 0,1

Продовження таблиці 13

1	2	3	4	5
П Р И К Л А Д Н И Й	1. Державні геодезичні мережі згущення Взаємне положення пунктів при довжинах сторін - від 30 км до 5000 км, м - від 1,5 км до 20 км, м	Космічні дослідження, фундаментальна наука, геодинаміка, землеустрій, прогноз землетрусів	0,05...0,3 0,30	0,01...0,1 0,01...0,05
	2. Визначення зв'язків систем координат: - лінійні елементи, м - кутові елементи, кут. секунд	Космічні дослідження, фундаментальна наука, геодинаміка, землеустрій, прогноз землетрусів	1,0 0,03	0,01 0,01

1) ЛДГМ – локальна ДГМ

2) РДГМ – регіональна ДГМ

Основні узагальнені вимоги споживачів до навігаційного забезпечення

Споживачі	Задачі, які вирішуються	Робоча зона	Точність виміру координат (СКП)	Доступність	Цілісність
1	2	3	4	5	6
П О В І Т Р Я Н І	Польоти по маршруту (трасі)	Глобальна Регіональна	0,25...5,8 км	0,999	0,999 (10 секунд)
	Польоти в зоні літовища	Район літовища	200 м	0,9999	0,9999 (10 секунд)
	Позакатегорійне заходження на посадку	Район літовища	50 м	0,99999	0,99999 (10 секунд)
	Заходження та посадка по категоріях ІСАО I, II, III	Зона засобів посадки	I – 4,5...8,5/1,5...2,0 м боков./вертик. II – 2,3...2,6/0,7...0,85м III – 2,0/0,2...0,3 м	0,999999 0,9999999 0,9999999	0,99999 (6 секунд) 0,999999 (2 секунд) 0,9999999995 (1 секунд)
М О Р С Ь К І	Плавання у відкритому морі (океані)	Морська поверхня Землі	1,8...3,7 км	0,99	0,99
	Плавання у прибережній зоні	Райони прибережних вод	10...200 м	0,99	0,99
	Проходження вузькостей, заходження у порти (гавані)	Райони підходів до портів	10 м	0,99	0,99
	Маневрування у порту	Акваторії портів	10 м	0,99	0,99
	Дослідницькі судна морських ресурсів	Глобальна	1...10 м	0,99	0,99

Продовження таблиці 14

1	2	3	4	5	6
Р І Ч К О В І	Рух суден по внутрішнім водним шляхам:				
	- великі ріки	Райони рік	5...15	0,999	0,99
	- канали	Райони каналів	3...5	0,999	0,99
	- розстановка знаків, картографія і т. і.	Райони рік, каналів	0,25...3	0,99	0,9
	Рух наземного транспорту за довільними маршрутами (поодинокі засоби та угруповання)	Регіональна, локальна	20...1100	0,99	0,95
Н А З Е М Н І	Рух наземного транспорту за встановленими маршрутами (поодинокі засоби та угруповання)	Регіональна, локальна	20...100	0,99	0,95
	Розв'язання спец. завдань	Локальна	5...15	0,99	0,95
	Картографія і геодезія, Землеустрій	Глобальна, регіональна, локальна	0,25...5,0 0,1...0,2	0,95	0,9

Примітка.

Для морських споживачів похибка дорівнює 2 СКП

4 КАТЕГОРІЇ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РАДІОНАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Існуючі радіонавігаційні системи в залежності від призначення технічних засобів розділяються на два класи:

- радіонавігаційні системи для забезпечення власних потреб рухомого автономного об'єкта;
- системи спостереження, що забезпечують інтегровану багатокритеріальну характеристику об'єкту та мають значну робочу зону, в якій одночасно працює багато об'єктів.

Усі існуючі та радіонавігаційні системи, що розроблюються, в залежності від формування радіонавігаційних полів та розташування (базування) технічних засобів поділяються на:

- наземні (стаціонарні та мобільні);
- космічні (супутникові).

Класифікація існуючих в Україні радіонавігаційних систем наведена в таблиці 16.

4.1 Категорії існуючих наземних навігаційних систем

Усі наземні радіонавігаційні системи по відстані дії та площі обслуговування діляться на:

- радіотехнічні системи дальньої навігації;
- радіотехнічні системи ближньої навігації;
- системи посадки;
- системи висвітлення надводної обстановки та управління рухом суден та кораблів;
- системи спостереження за повітряною обстановкою.

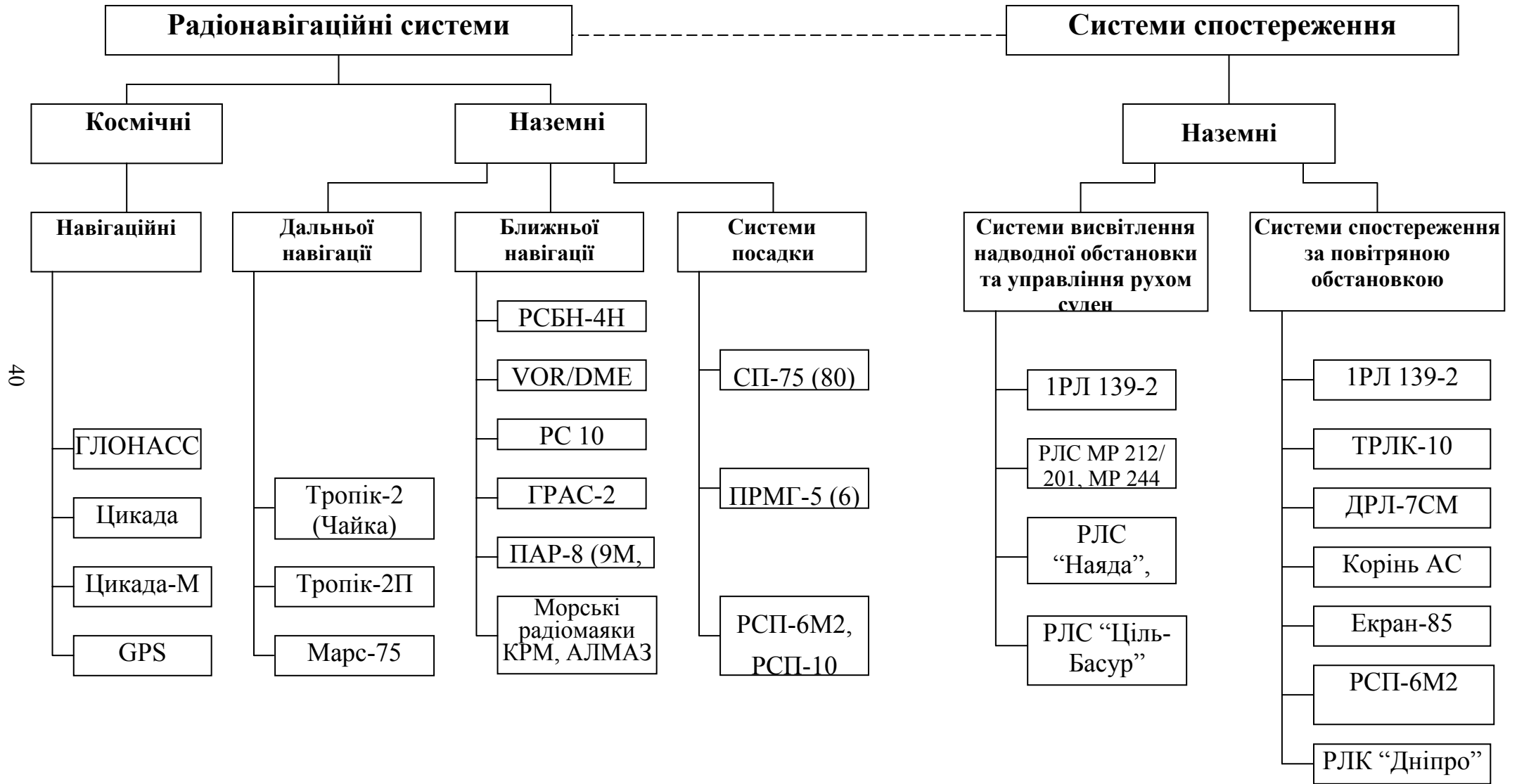
4.1.1 Радіотехнічні системи дальньої навігації

На території СНД, в тому числі в Україні, експлуатуються та використовуються різними групами споживачів такі радіотехнічні системи дальньої навігації: “Тропік-2” (“Чайка”); ”Тропік-2П”; “Марс-75”.

Система “Тропік-2” (“Чайка”) є стаціонарна, а системи “Тропік-2П” та “Марс-75” – мобільні.

Розвиток економічних стосунків з іншими державами вимагає використовувати системи дальньої навігації наряду із системами супутникової навігації. Кожна з них у критичних ситуаціях працює як резервна.

Класифікація існуючих в Україні радіонавігаційних систем



40

4.1.1.1 Система “Тропик-2” (“Чайка”)

Різницево-далекомірною вимірювальною, імпульсно-фазовою радіотехнічною системою дальньої навігації “Тропик-2” (“Чайка”) призначена для визначення місцеположення рухомих об'єктів усіх груп споживачів в регіонах інтенсивного руху із точністю, достатньою для вирішення транспортних завдань, включаючи позакатегорійне заходження на посадку літаків, плавання суден в прибережних водах і управління рухом наземного транспорту.

В експлуатації знаходяться три мережі системи:

- європейська, що має п'ять станцій, розташованих у районах міст Брянськ (ведуча), Петрозаводськ (обидві – Російська Федерація), Слоним (Республіка Білорусь), Сімферополь (Україна) та м. Сизрань (Російська Федерація);
- східна, у складі чотирьох станцій, розташованих у районах міст Александровськ-Сахалінський (ведуча), Петропавловськ-Камчатський, Уссурійськ та м. Охотськ;
- північна, у складі п'ятих станцій, розташованих у районах м. Дудинка (ведуча), п. Таймир, о. Панкратьєва, м. Инта (ведуча-ведена) та п. Туманний.

Система забезпечує визначення планових координат із точністю (СКП) 120-1500 м; загальна площа робочих зон усіх мереж майже 20 млн. кв. км.

Для роботи споживачів у системі використовується наступна апаратура:

- для повітряних споживачів А-711, А-720, А-723;
- для морських споживачів – КПП-5Ф, КПП-6Ф, КПП-7Ф, КПП-8Ф, КПП-9Ф, РЩ;
- для наземних споживачів “Нева”.

Європейська мережа прийнята в експлуатацію у 1972 році; Східна – у 1986 році; Північна – у 1996 році.

Означені системи працюють у відповідності з установленим розкладом, що складається щорічно.

Аналогом системи “Тропик-2” (“Чайка”) є РНС “Лоран-С” (США).

4.1.1.2 Система “Тропик-2П”

Різницево-далекомірною вимірювальною, імпульсно-фазовою радіотехнічною системою дальньої навігації “Тропик-2П” визначена для забезпечення вирішення завдань в окремих локальних районах.

До складу мережі системи входять 3-4 станції; площа робочої зони складає майже 1 млн. кв. км.; точність місцевизначення (СКП) – 120...500 м.

Система “Тропик-2П” може сполучатися зі стаціонарною РНС “Тропик-2” (“Чайка”) і може використовуватися для нарощування її радіонавігаційних полів.

Для роботи із системою застосовується прийомоіндикаторна апаратура для літаків: А-711, А-720, А-723. Система також може використовуватися морськими й наземними споживачами. Цивільними споживачами система не використовується.

Аналогом РНС “Тропик-2П” є система “Лоран-Д” (США).

4.1.1.3 Система “Марс-75”

Різницево-далекомірною вимірювальною, багаточастотною, фазовою радіонавігаційною системою “Марс-75” розроблена на замовлення Міноборони СРСР

і призначена для забезпечення судноплавства, виконання гідрографічних та спеціальних робіт, а також польотів літаків із швидкістю не більше 1000 км на годину.

Для роботи споживачів у системі використовується наступна апаратура:

- для морських споживачів КПФ-5, РЩ;
- для повітряних споживачів А-723, А-727.

Система експлуатується з 1976 року; серійний випуск апаратури наземних станцій припинено. Експлуатація діючих мереж РНС “Марс-75” планується до вироблення технічного ресурсу.

Зарубіжних аналогів система „Марс-75” не має.

Основні технічні характеристики систем дальньої навігації наведені в таблиці 16.

4.1.2 Радіотехнічні системи ближньої навігації

Зараз знаходяться в експлуатації і використовуються споживачами такі радіотехнічні системи ближньої навігації:

РСБН-4Н, ПАР-8(9М,10), VOR/DME, РС-10, ГРАС-2, КРМ, “Алмаз”.

Системи РСБН-4Н, ПРА-8(9М,10), VOR/DME, використовуються повітряними споживачами, а системи РС-10; ГРАС-2, КРМ, “Алмаз” – морськими споживачами.

4.1.2.1 Системи РСБН-4Н

Далекомірно-кутова радіотехнічна система ближньої навігації РСБН-2Н (та її модифікації РСБН-4Н та РСБН-6Н, 8Н) призначена для забезпечення літаководіння по повітряних трасах, виходу у район літовища і позакатегорійне заходження літаків на посадку.

Система працює по принципу “запитання-відповідь”, пропускна спроможність не більш 100 літаків водночас, навігаційна інформація видається в полярних координатах (відстань-азимут).

Відстань дії системи до 400 км, інструментальна точність визначення відстані (СКП) – 100...250 м, азимута – не гірше 0,5°.

Системи РСБН-4Н працюють у діапазоні частот (канал відстані 726...1000,5 МГц, канал азимута 873,6...935,2 МГц), тому основним завданням на найближчий період є підтримання системи РСБН у дієздатному стані для використання лише військовими споживачами.

4.1.2.2 Система РС-10

Радіонавігаційна система РС-10 по принципу роботи аналогічна системі БРАС-3, але має більш високі тактико-технічні та експлуатаційні характеристики.

До складу мережі входять 3-6 станцій.

Дальність дії системи 250 км, точність визначення місця (СКП) 3-6 м.

Для отримання навігаційної інформації споживачі використовують ті ж типи прийомоіндикаторної апаратури, що й для РНС БРАС-3, КПФ-3К, РС-1 та РКС.

Система прийнята в експлуатацію в 1987 році.

Аналогами систем РС-10 є РНС “Жеолок” (Франція) та “Хайперфікс” (Англія).

Основні технічні характеристики радіонавігаційних систем дальньої навігації

Стан	Найменування системи	Призначення	Загальна характеристика	Склад системи			Діапазон робочих частот, кГц	Площа робочої зони, млн. кв. км	Точність визначення координат (СКП), м	Дискретність вимірювань	Пропускна спроможність	Доступність	Цілісність
				Апаратура споживачів									
				Повітряних	Морських	Наземних							
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16
І С Н У Ю Т Ь	„Тропік-2” (Чайка)	Станіонарна	Різничево-далекомірна	A-711 A-720 A-723 A-727	КПФ-5ф КПФ-6ф КПФ-7ф КПФ-8ф	Нева	96...114	20 (4 мережі)	120...1500	Безперервно	Без обмежень	0,85	Не визначена
	„Тропік-2П”	Мобільна	Різничево-далекомірна	A-711 A-720 A-723 A-727	КПФ-5ф КПФ-6ф КПФ-7ф КПФ-8ф	...	83...117	1 (1 мережа)	120...500	Безперервно	Без обмежень	0,85	Не визначена
	„Марс-75”	Мобільна	Різничево-далекомірна	A-723 A-727 РС-1	КПФ-5 РЦ	...	64...92	0,8...1,0 (1 мережа)	60...350	Безперервно	Без обмежень	Не визначена	Не визначена

Продовження таблиці 16

1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16
Р О З Р О Б Л Ю Ю Т Ь С Я В СНД	„Тропик-2ЕД”	Стаці- онарна	Різничево-	A-711	КПФ-5ф	Нева	86...114	14	60...500	Без- перервно	Без обмежень	Не визначена	Не визначена
	„Тропик- 2ВДМ”		далекомірна,	A-720	КПФ-6ф			(2 мережі)					
			вимірювальна	A-723	КПФ-7ф								
			імпульсно- фазова	A-727	КПФ-8ф РЦ								

4.1.2.3 Система ГРАС-2

Дистанційна радіонавігаційна система ГРАС-2 призначена для розв'язування завдань гідрографії й інших спеціальних завдань, що вимагають високої точності визначення місцеположення.

По принципу роботи система є двоканальним радіовимірником.

Відстань дії системи 60 км, точність визначення місця (СКП) 0,5...1,5 м, пропускна спроможність до 5 споживачів водночас.

Для роботи із системою ГРАС-2 використовується апаратура споживачів РД-1.

Система прийнята в експлуатацію в 1975 році. Зараз серійний випуск системи ГРАС-2 припинений і з виробленням технічного ресурсу станцій система буде зніматися з експлуатації.

Аналогом системи ГРАС-2 є система "Сіледіс" (Франція).

4.1.2.4 Морські радіомаяки

Морські радіомаяки є радіостанціями з коловим випромінюванням сигналів у діапазоні частот 285...315 кГц. Визначення напрямку на них можливо при використанні на судах радіопеленгаторів із похибкою не більше 3 градусів, що забезпечують (з імовірністю 95 %). На узбережжі Чорноморсько-Азовського басейну встановлено декілька радіомаяків типу КРМ та "Алмаз".

У зв'язку із схваленням ІМО застосування навігаційних супутникових систем, морські радіомаяки будуть використовуватися в якості станцій для передачі диференційних поправок при створенні функціональних доповнень СНС.

Частина радіомаяків, що знаходяться в експлуатації, планується утримувати в робочому стані для використання при створенні морських навігаційних станцій диференційного режиму.

Основні тактико-технічні характеристики радіотехнічних систем ближньої навігації наведені в таблиці 17.

4.1.3 Системи посадки

За призначенням системи посадки забезпечують видачу на борт ПС інформації про значення й знак відхилення від установленної траєкторії зниження.

Повітряні споживачі використовують наступні системи посадки:

- системи метрового діапазону СП-75 (80);
- системи дециметрового діапазону ПРМГ-5 (6).

Системи СП-75 (80) є стаціонарні, а системи ПРМГ-5 (6) – стаціонарні та мобільні.

В цивільній авіації наразі використовуються системи СП-75, СП-80.

Таблиця 17

Основні характеристики радіонавігаційних систем ближньої навігації

Стан	Найменування системи	Призначення	Загальна характеристика	Склад системи			Діапазон робочих частот, кГц	Площа робочої зони, млн. кв. км	Точність визначення координат (СКП), м	Дискретність вимірювань	Пропускна спроможність	Доступність	Цілісність
				Апаратура споживачів									
				Повітряних	Морських	Наземних							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
І С Н У Ю	РСБН-4Н		Далекомірно-кутомірна	РСБН-2С 5С6С.7С А-312, 317 312 32	...	...	772...1000,5 873,6...935,2 МГц	400	150...20	Без-перервно	100	0,98	Не визначена
	БРАС-3		Різницево-далекомірна, імпульсно-фазова	...	ГАЛС КПФ-3К РС-1, РКС	...	1,6...2,2 МГц	200	12...16	Без-перервно	Без обмежень	0,9	Не визначена
	РС-10		Різницево-далекомірна, імпульсно-фазова	...	ГАЛС КПФ-3 РС-1, РКС	...	1,6...2,2 МГц	250	3,6...12	Без-перервно	Без обмежень	0,95	Не визначена
	ГРАС (ГРАС-2)		Далекомірна	...	РНК-2 (РД-1)	...	4100...4300 МГц (ГРАС) 3902...4198 МГц (ГРАС-2)	60	0,5...1,5	0,03 хв.	5	0,93	Не визначена
	„Крабик-Б”		Далекомірна, фазова	...	АИК	...	321...331 МГц	100	1,0	0,03 хв.	3	0,9	Не визначена

Продовження таблиці 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Р О З Р О Б Л Ю Ю Т Ь С Я В СН Д	РМА-90		Кутомірна	Курс-МП	...	...	108...118 МГц	350	0,5...1,0 град	Без-перервно	100 літаків	Не визначена	Не визначена
	РМД-90Н		Далекомірна	VOR-85 CD-DME	...	...	950...1215 МГц	...	185	Без-перервно	100 літаків	Не визначена	Не визначена
	“Спрут”		Різницево-далекомірна	...	...	...	1,6...2,2 МГц	600	15-20	Без-перервно	Без обмежень	0,97	Не визначена
	“Крабик-БМ”		Різницево-далекомірна, далекомірна, комбінована, активний режим	...	...	...	230...332 МГц	150	0,5...3,0	Без-перервно Р/Д режим-0,03 хв.	Без обмежень	0,9	Не визначена

4.1.3.1 Системи СП-75, (80)

Системи СП-75, (80) формують траєкторію посадки літака та забезпечують посадку в складних метеоумовах.

Системи СП-75, (80) задовольняють вимогам ІСАО та є аналогами системи ІLS (США).

4.1.3.2 Система ПРМГ-5(6)

Призначення системи посадки ПРМГ-5 та її модифікації ПРМГ-6 аналогічно системам СП-75 (80).

ПРМГ-5 та ПРМГ-6 призначені для обслуговування військових повітряних споживачів.

Основні характеристики систем посадки наведено в табл. 18.

4.1.4 Системи спостереження

Системи спостереження умовно розподіляються на два основних типи:

- системи спостереження за повітряною обстановкою;
- системи висвітлення надводної обстановки (СВНО) і управління рухом суден та кораблів (СУРС).

4.1.4.1 Системи спостереження за повітряною обстановкою

Системи спостереження за повітряною обстановкою України включають до свого складу:

1) трасові первинні оглядові РЛС:

- 1РЛ139-2;
- ТРЛК-10 (первинний канал);

2) аеродромні первинні оглядові РЛС:

- ДРЛ-7СМ;
- “Екран-85” (первинний канал);

3) трасові вторинні оглядові РЛС:

- “Корінь-АС”;
- ТРЛК-10 (вторинний канал).

Основні характеристики систем посадки

Стан	Найменування системи	Загальна характеристика	Склад системи			Діапазон робочих частот, кГц	Відстань дії, км	Категорія посадки	Дискретність вимірювань	Пропускна спроможність	Доступність	Цілісність
			Апаратура споживачів									
			Повітряних	Морських	Наземних							
І С Н У Ю Т Ь	СП-75	Стаціонарна, метрова	Курс-МП1 Курс-МП2 Курс-МП70 Ось-1 ИЛС-85	...	...	108...112 328...335	15 (канал курсу) 18 (канал глісади)	I, II	Безперервно	Без обмежень	0,986	Не визначена
	СП-80	Стаціонарна, метрова	Курс-МП1 Курс-МП2 Курс-МП70 Ось-1 ИЛС-85	...	...	108...112 328...335	46 (канал курсу) 18,5 (канал глісади)	III	Безперервно	Без обмежень	0,986	Не визначена
	ПРМГ-5 ПРМГ-6	Мобільна, дециметрова	РСБН-3СА-312 РСБН-5СА-317 РСБН-6СА-321 РСБН-7СА-324	...	...	772...1000,5	45 (канал курсу) 29 (канал глісади)	I, II	Безперервно	Без обмежень	0,95	Не визначена

4) аеродромні вторинні оглядові РЛС, які входять як вторинний канал до складу ДРЛ-7СМ, “Екран-85”, “Корінь-АС”.

В 2003 р. планується введення в дію РЛК “Дніпро”.

4.1.4.2 Системи висвітлення надводної обстановки і управління рухом суден та кораблів

СВНО і СУРС, в основному, оснащуються РЛС типу 1РЛ139 (відстань дії до 200 км.), МР212/201, МР-244, “Наяда”, “Дон”, (відстань дії до 40...50 км).

В майбутньому планується використання БРЛС “Ціль-БАСУР”.

До складу технічних засобів СВНО та СУРС разом із береговими РЛС можуть входити локальні контрольні-корегуючі станції супутникових навігаційних систем.

4.2 Космічні навігаційні системи

Національне Космічне Агентство України відповідає за впровадження національної космічної програми, у тому числі системи космічного навігаційного (координатного) і часового забезпечення України.

Створені та використовуються споживачами такі КНС:

- космічна радіонавігаційна система „Цикада-М”;
- космічна радіонавігаційна система „Цикада”;
- глобальні навігаційні супутникові системи GPS/ГЛОНАСС.

Зараз власні космічні навігаційні системи (тобто з застосуванням власних КА) створюють Європейський Союз (в рамках програм EGNOS/Galileo) та Китай. Плани щодо розгортання власної космічної навігаційної системи має Індія.

4.2.1 Космічна радіонавігаційна система „Цикада-М”

Глобальна низькоорбітальна космічна навігаційна система „Цикада-М” призначена для визначення координат місцезнаходження споживачів у будь-якому районі Світового океану незалежно від пори року, доби, години та метеоумов.

Склад системи: 6 космічних апаратів (КА), які знаходяться на кільцевих орбітах на висоті 1000 км із кутом нахилу 83°.

Система „Цикада-М” забезпечує визначення координат місця із середньоквадратичною похибкою (СКП) 80 м. В залежності від географічного місцезнаходження судна дискретність обсервації складає 10-55 хвилин.

Система використовується, в основному, для визначення координат місцеположення кораблів Військово-Морського Флоту.

Створювалася КНС „Цикада-М” для навігаційного забезпечення військових споживачів і експлуатується з 1976 року, а з 1990 року система відкрита для використання цивільними споживачами.

4.2.2 Космічна радіонавігаційна система „Цикада”

По призначенню, принципу визначення місцезнаходження та характеристикам КНС „Цикада” аналогічна системі „Цикада-М”

До складу системи входять 4 КА.

КНС „Цикада” доповнює систему „Цикада-М”. Спільне використання цих систем забезпечує скорочення дискретності обсервацій до 30 хвилин на екваторі.

Система знаходиться в експлуатації з 1979 року.

Для роботи із системами „Цикада-М” та „Цикада” використовується апаратура морських споживачів АДК-3, „Шхуна”, СЧ-1 („Челн-1”) та СЧ-2 („Челн-2”).

Система „Цикада” є аналогом системи „Транзит” (США), експлуатація якої було припинено у 1997 р.

У зв'язку з використанням космічних навігаційних систем GPS та ГЛОНАСС подальше використання цивільними морськими споживачами низькоорбітальних космічних навігаційних систем не планується.

4.2.3 Глобальна навігаційна супутникова система GPS

Середньоорбітальна космічна навігаційна система GPS Navstar (Сполучені Штати Америки) призначена для визначення координат місцезнаходження споживачів у будь-якому районі Земної кулі та навколоземному просторі незалежно від пори року, доби, години та метеоумов.

Система GPS визначена в США одним із засобів радіонавігаційного забезпечення для усіх груп споживачів радіонавігаційної космічної навігації.

GPS є супутниковою системою подвійного використання. Директивою від 01 травня 2000 року уряд США відмінив режим селективного доступу (SA) до коду стандартної точності (C/A) для стимулювання використання системи GPS цивільними користувачами в усьому світі.

По проекту до складу системи входять 24 КА, які знаходяться на шести орбітальних площинах із кутом нахилу 55° , на висоті 20145 км. Навігаційні КА системи GPS випромінюють 2 види радіосигналів: сигнал стандартної точності (C/A) та сигнал високої точності (P). Сигнал C/A з достовірністю 99,7% забезпечує споживачам визначення наступних параметрів із середньоквадратичною похибкою (СКП):

- планових координат – 18 м;
- висоти – 34 м;
- складову частину вектору швидкості – 0,2 м/с;
- часу – 0,34 мкс.

В системі GPS реалізовано кодове розділення сигналів окремих навігаційних КА системи. Для цивільних споживачів відкриті сигнали C/A коду випромінюються на частоті $L1=1575,42$ МГц. Сигнал точного коду P випромінюється на частоті $L2=1227,60$ МГц.

Зараз в складі системи GPS функціонують до 30 КА різних поколінь.

4.2.4 Глобальна навігаційна супутникова система ГЛОНАСС

Середньоорбітальна космічна навігаційна система ГЛОНАСС розробки Російської Федерації призначена для визначення координат місцезнаходження споживачів у будь-якому районі Земної кулі незалежно від пори року, доби, години та метеоумов.

Система ГЛОНАСС визначена в Російській Федерації одним із засобів радіонавігаційного забезпечення для усіх груп споживачів радіонавігаційної космічної навігації.

По проекту до складу системи входять 24 КА, які знаходяться у трьох

орбітальних площинах із кутом нахилу $64,8^\circ$, на висоті 19100 км. Навігаційні КА системи ГЛОНАСС випромінюють 2 види радіосигналів: сигнал стандартної точності (СТ) та сигнал високої точності (ВТ). Сигнал СТ забезпечує споживачам визначення наступних параметрів:

- планових координат – 28 м (95% часу);
- висоти – 60 м (95% часу);
- складову частину вектору швидкості – 0,15 м/с;
- часу – 700 наносекунд (95% часу).

В системі ГЛОНАСС реалізовано частотне розділення сигналів окремих навігаційних КА системи. Для цивільних споживачів відкриті сигнали СТ випромінюються в діапазоні частот 1602,5625...1615,5 МГц.

Завдяки вибраному нахилу орбіт космічна навігаційна система ГЛОНАСС потенційно перевищує за своїми характеристиками систему GPS у приполярних широтах.

На цей час у складі системи ГЛОНАСС функціонують тільки 9 КА, що спричиняє значні труднощі для споживачів (погіршення точності, розриви в обслуговуванні). Використання системи ГЛОНАСС в якості самодостатньої є проблематичним. Відповідно до Федеральної цільової програми „ГЛОНАСС” Російським авіаційно-космічним агентством провадяться заходи щодо доведення орбітального угруповання до 18 КА до кінця 2004 року.

На зміну системі ГЛОНАСС розроблюється космічна навігаційна система ГЛОНАСС-М, ГЛОНАСС-К із більш високими тактико-технічними характеристиками.

4.2.5 Порівняльні характеристики систем GPS та ГЛОНАСС

	GPS	ГЛОНАСС
Кількість навігаційних космічних апаратів	24+3(резервні)	24+3(резервні)
Кількість площин орбіт	6	3
Нахил площин орбіт, град	55	64,8
Радіус орбіт, км	20145	19100
Технологія розділу каналів	CDMA	FDMA
Несучі частоти, МГц		
L1	1575,42	1602,5625...1615,500
L2	1227,60	1246,4375...1256,500
Точність визначення (СКП)		
планових координат, м	18	14
висоти, м	34	30
швидкості, м/с	0,2	0,15
часу, мкс	0,34	0,7
Частота послідовності імпульсів, МГц		
C/A	1,023	0,511
P	10,23	5,11
Системний час	UTC(USNO)	UTC(SU)
Опорна координатна система	WGS-84	ПЗ-90

4.2.6 Європейська навігаційна глобальна служба – EGNOS

Європейське космічне агентство (ESA), Європейське співтовариство (ЕС) і Європейська організація за безпеку аеронавігації (Eurocontrol – Євроконтроль) прийняли рішення про створення трьохсторонньої групи – ETG, із метою забезпечення внеску Європи в розвиток глобальної супутникової системи місцевизначення і навігації, відомої як GNSS, що забезпечує гарантоване незалежне навігаційне обслуговування.

Передбачається два основних етапи розвитку програми:

- GNSS-1, перше покоління системи, яка буде ґрунтуватися на використанні сигналів, прийнятих від сузір'їв СРНС GPS і ГЛОНАСС, і доповнення цих сузір'їв такими підсистемами, як EGNOS у Європі, а також подібними підсистемами WAAS і MSAS розробки США та Японії відповідно;
- GNSS-2, друге покоління системи, яка буде забезпечувати обслуговування цивільних споживачів, і знаходитися цілком під контролем цивільних служб. Останнім часом створення другого покоління GNSS ідентифікується з Європейським проектом Galileo.

GNSS-1 складається з:

- середньовисотної СРНС GPS (США), що включає по проекту 24 супутника;
- середньовисотної СРНС ГЛОНАСС (Росія), що включає по проекту також 24 супутника;
- 4-х взаємодіючих (кооперованих) геостаціонарних супутників: трьох Inmarsat-3 і одного Artemis (на час експериментальної фази проекту).

Розроблений для забезпечення безпеки транспорту у повітрі, на морі і на землі проект EGNOS забезпечить споживачам доступ до різноманітних видів обслуговування, таких як:

- забезпечення додаткової інформації з місцевизначення, подібної до штатних режимів СРНС;
- обслуговування по цілісності – у випадку аномальної передачі даних від супутників GPS і ГЛОНАСС у зоні їхньої дії, EGNOS буде посилати сигнали повідомлення, принаймні кожні 6 секунд, тоді як дотепер ці супутники могли передавати помилкову інформацію протягом декількох хвилин до вживання заходів по її нейтралізації або реконфігурації даних;
- служба диференційного корегування – EGNOS покращить точність вимірів, що забезпечуються системами GPS і ГЛОНАСС, за допомогою зменшення похибок за рахунок іоносфери й корегування ефемерид супутників і тим самим виключають вплив навмисного погіршення точності GPS при його можливому поновленні Адміністрацією США.;
- краща доступність і безперервність обслуговування – супутники EGNOS на геостаціонарних орбітах, більш високих, ніж у сузір'їв GPS і ГЛОНАСС, забезпечать перекриття усього годинного поясу регіону Європи й поліпшення геометричних факторів обсервації;
- обслуговування по високоточному часовому забезпеченню.

Наземні засоби EGNOS, що забезпечують інтерфейс із навантаженням на кооперованих геостаціонарах, складаються з наступних складових:

- близько 30 RIMS – ranging and integrity monitoring stations, тобто станцій контролю дальності й цілісності, розміщених у регіонах, що обслуговуються

EGNOS. Призначені для прийому даних від GPS і ГЛОНАСС і передачі їх на MCC;

- 4 MCC – mission control centres, тобто операційних центрів керування, розташованих в Іспанії, Великобританії, Німеччині та Італії. Призначені для обробки даних, видачі інтегральних коригуючих виправлень і наскрізного керування системою;
- 7 NLES – navigation land earth stations, тобто станцій передачі коригуючих виправлень на кооперовані геостаціонари. На кожному геостаціонарі працюють по 2 NLES для резервування;
- 5 GEO Ranging, тобто станцій виміру дальності й координат стаціонарів. Розташовані по обидві сторони від екватора: 2 – у північній півкулі і 3 – у південній.

Уся наземна інфраструктура проекту постійно обновлюється й доповнюється для забезпечення вимог цивільної авіації й інших видів транспорту.

Сьогодні основними споживачами проекту EGNOS вважаються, у першу чергу, авіалінії, як суспільні, так і приватні, що вимагають найбільш відповідального навігаційного забезпечення, особливо з урахуванням упровадження в практику цивільної авіації вимог ICAO. Інформація, яка формується EGNOS, вже зараз може використовуватися на наступних фазах польоту:

- на маршруті,
- неточний захід на посадку;
- точний захід на посадку.

Використовуючи EGNOS на всіх цих фазах польоту, можливо в перспективі скоротити число одиниць штатного навігаційного устаткування і відповідні капітальні витрати.

Слід зазначити, що роботи зі створення наземного і космічного сегментів EGNOS, які виконуються промисловим консорціумом Thales за контрактом із Європейським космічним агентством (ESA), значно просунулися вперед. Очікується, що перша черга системи почне функціонувати в 2004 р.

В даний час розгорнуто фрагмент системи в якості повного прототипу системи EGNOS, під назвою іспитовий стенд EGNOS (ESTB).

До складу наземного сегмента ESTB входять:

- десять станцій моніторингу навігаційного поля RIMS, що збирає дані від навігаційних супутників;
- три обчислювальних центри, розташовані у м. Хенефосс (Норвегія), м. Тулуза (Франція), м. Фучино (Італія);
- три станції спостереження за геостаціонарними супутниками Inmarsat-3 GEO Ranging, розташовані у Франції, Французькій Гвіані (Південна Америка) і Південній Африці;
- дві наземні навігаційні станції NLES, розташовані у Франції й Італії;
- наземна мережа передачі даних EWAN між елементами наземної інфраструктури.

У першій половині 2000 р. були проведені сеанси тестування системи й отримані оцінки горизонтальних і вертикальних навігаційних похибок місця

розташування споживача, що підтвердили реальність реалізації очікуваних характеристик EGNOS.

Проект EGNOS закладений як модульний, нарощуваний, здатний адаптуватися до специфічних вимог нових учасників як усередині Європи, так і за її межами.

4.3 Апаратура споживачів радіонавігаційних систем

Навігаційна апаратура споживачів є складовою частиною радіонавігаційних систем. Для роботи з різними типами радіонавігаційних систем з урахуванням специфіки розв'язуваних задач розробляються і різні типи прийомоіндикаторної апаратури повітряних, морських, річкових і наземних споживачів.

4.3.1 Апаратура споживачів наземних радіонавігаційних систем

На цей час в експлуатації знаходиться багато типів різноманітної апаратури споживачів наземних радіонавігаційних систем. Більша частина цієї апаратури, крім прийомоіндикаторів КНС, не уніфікована і вже морально застаріла. Значна більшість споживачів для своєї роботи використовує апаратуру, орієнтовану на космічні навігаційні системи.

4.3.2 Апаратура споживачів космічних навігаційних систем

Для роботи з низькоорбітальними КНС „Цикада-М”, „Цикада”, а також американською системою „Транзит” використовувалась апаратура СЧ-1, СЧ-2, СЧ-3 („Челн-3”), „Бірюза-СН”, „Бірюза-СН2”, АДК-3, „Шхуна”. Але з введенням в експлуатацію систем ГЛОНАСС та GPS ця апаратура не задовольняє вимогам споживачів, і тому виробництво її припинено. Для роботи з системою ГЛОНАСС за замовленням Міноборони колишнього СРСР у різні часи розроблялась й виготовлялась наступна апаратура споживачів:

- морських – „Шкіпер”, „Бріз”, „Челн-4”, „Навігатор”;
- повітряних – А-724, А-735, А-737, А-744;
- наземних – 1Т130М, 1Т129.

До сучасної апаратури зараз висувається, як одна з головних, вимога роботи як із системою ГЛОНАСС так із системою GPS. Серійну апаратуру такого класу в Україні виробляє ДП „Оризон-Навігація” (м. Сміла, серія СН).

4.4 Характеристика існуючих радіонавігаційних систем

Виходячи із задач підвищення безпеки й ефективності транспортних перевезень, з огляду на впровадження у світову практику перспективних стандартів по точності підтримання навігаційних характеристик зросли вимоги основних груп споживачів до радіонавігаційних систем.

Так, наприклад, для більшості рухомих транспортних засобів потрібна точність навігаційних визначень (СКП) у середньому від 1 м до 100 м. Такі вимоги як доступність і цілісність споживачами автомобільного, річкового транспорту і рибальського флоту раніше не виставлялися, а зараз показники по цим параметрам відповідно повинні бути 0,95...0,99 і 0,9...0,99.

Практично всі транспортні споживачі вимагають забезпечення необхідних навігаційних характеристик як на території України, так і під час руху по міжнародним маршрутам, тобто потрібно глобальне радіонавігаційне поле.

Жодний окремо взятий радіонавігаційний засіб, що знаходиться в експлуатації, не може задовольнити основні вимоги більшості споживачів. Так, наприклад, радіонавігаційні системи ближньої навігації типу “Брас”, ”РСБН”, маючи гарні характеристики по точності, мають обмежену дальність дії. Радіонавігаційні системи далекої навігації, маючи гарні показники по дальності дії (розмір робочої зони), не задовольняють споживачів по точності.

Космічна низькоорбітальна радіонавігаційна система „Цикада”, маючи гарні показники по точності і робочій зоні, має тривалий період часу між обсерваціями. Прийнята в експлуатацію в 1995 році глобальна навігаційна супутникова система ГЛОНАСС разом із функціональними доповненнями має гарні показники по точності, доступності і глобальній зоні дії. Однак, дотепер не заявлені і не підтверджені її характеристики по цілісності.

Використання супутникових навігаційних систем і систем спостереження та управління рухомими об’єктами споживачами України наведено в таблицях 19, 20 відповідно.

Таблиця 19

Основні технічні характеристики супутникових систем, які використовуються українськими споживачами

Тип системи	Найменування системи	Призначення	Загальна характеристика	Склад системи		Діапазон робочих частот, МГц	Робоча зона	Точність визначення місця (СКП), м	Дискретність вимірювань	Пропускна спроможність
				Апаратура споживачів						
				Належність	Термін дії					
Навігаційна	“Цикада”	Космічна	Допплерівська	Росії	Безперервно	399,968 149,968	Глобальна	80...150	0,5...2,0	Без обмежень
Навігаційна	“Цикада -М”	Космічна	Допплерівська	Росії	Безперервно	399,968 149,968	Глобальна	80...100	0,3...1,3	Без обмежень
Навігаційна	ГЛОНАСС	Космічна	Далекомірна	Росії	Безперервно	1602,5625... ...1615,500±1М Гц 1246,4375... ...1256,500±1М Гц	Глобальна	30	Безперервно	Без обмежень
Навігаційна	GPS	Космічна	Далекомірна	США	Безперервно	1575,42±12МГ ц 1227,60±12МГ ц	Глобальна	40	Безперервно	Без обмежень

Основні характеристики РЛС систем спостереження та управління рухом рухомих об'єктів

Найменування системи	Імпульсна потужність, кВт	ДН антен, град	Діапазон робочих частот, кГц	Зона дії, км	Точність визначення координат (СКП), м	Дискретність вимірювань, хв.
Диспетчерський радіолокатор РСР-6М2 ДРЛ	230	В вертикальній площині-15, в горизонтальній площині- 360	837...880	Активний режим 200, Пасивний режим 150	120...150 від осі злітно-посадочної смуги	Безперервна
РЛС 1РЛ 139	$P_{CP}=0,8$	В вертикальній площині cosec^2 в горизонтальній площині 1,0	2685...3115 (5 літерних каналів)	300	по дальності 15м по азимуту 0,8 град	Безперервна
Станція виявлення надводних цілей МР-10	55...100	Горизонт. 0,9 Вертикал. 2,1	9000...9615	180	по дальності - 126 м по пеленгу 0,9 град	Без обмежень
Радіолокаційна навігаційна станція „ДОН”	85	Горизонт. 1,1 Вертикал. 20	9400	92,6	0,8% від шкали	Без обмежень
Станція виявлення надводних цілей МР212/201	12...30	Горизонт. 0,9-1,1 Вертикал. 20,2	9400	115	по дальності-50м по пеленгу 0,8 град	Без обмежень
Радіолокаційна навігаційна станція “Наяда-5”	12...30	В вертикальній площині 23 в горизонтальній площині 0,8	9400...9460	Шкали, милі: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64	по дальності 50 м по пеленгу 0,8 град	Безперервна
Радіолокаційна станція висвітлення надводних цілей “Ціль-БАСУР”	20	В вертикальній площині 23 в горизонтальній площині 0,4	9270...9330	Шкали, милі: 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32	по дальності 15м по пеленгу 0,4 град	Безперервна

5. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ВДОСКОНАЛЕННЯ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

5.1 Концепція використання космічних навігаційних систем GPS та ГЛОНАСС

Зростаюча зацікавленість до супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) зумовлена їх універсальністю. У рамках лише однієї системи можливе розв'язання великої кількості різноманітних задач. Окрім чисто навігаційних задач обслуговування надводних, наземних, повітряних та космічних об'єктів, СРНС дозволяє вирішувати завдання зв'язку, управління повітряним та морським рухом, здійснювати прив'язку систем єдиного часу (СЄЧ) до системного часу СРНС і т. і. Можливе створення комплексів, до складу яких входять СРНС та вже існуючі наземні системи навігації, зв'язку та управління. СРНС притаманні висока точність визначення координат, глобальність та всепогодність.

Глобальний характер навігаційного забезпечення визначив ряд технічних та організаційних вимог, які викладені в документах міжнародних організацій ІМО та IALA. Тому глобальна СРНС повинна відповідати міжнародним вимогам та мати можливість їх забезпечити.

Аналіз основних характеристик нині існуючих СРНС показує, що в повній мірі жодна з них не відповідає усім вимогам. Найбільш близькі до них по своїм характеристикам середньоорбітальні супутникові радіонавігаційні системи ГЛОНАСС та GPS. Ці системи спроможні глобально й безперервно забезпечувати навігацію найбільшого числа об'єктів. Сумісне застосування цих систем дозволяє в значній мірі вирішити проблему безпеки руху у складних умовах. На основі використання цих систем створена Глобальна навігаційна супутникова система GNSS.

Для реалізації вимог до навігаційного забезпечення у повному об'ємі, включаючи вимоги ІМО та рекомендацій IALA, необхідно створити спеціальні системи, які б функціонально доповнювали існуючі СРНС, у тому числі диференційними підсистемами СРНС та засобами контролю цілісності СРНС.

У Рекомендаціях RTCM із передачі диференційних корегувальних виправлень для GNSS введені нові повідомлення типу 18-21, які не передаються у стандартному режимі для морських споживачів, але використовуються в разі необхідності для забезпечення геодезичної точності. Ці типи повідомлень забезпечують реалізацію кінематичних засобів використання GNSS у реальному масштабі часу (режим RTK) при вимірах фази несучої, псевдодальності (повідомлення 18-20), а також високоточних виправлень при вимірах псевдодальності (повідомлення 21).

На базі Рекомендацій ITU-R M.823 (MCE) та RTCM для GNSS були розроблені проект Стандарту для передачі диференційних виправлень СРНС ГЛОНАСС та GPS радіомаячною службою ІМО. Цей документ визначає порядок передачі інформації щодо СРНС ГЛОНАСС та GPS через єдиний радіомаячний канал. Неформалізована додаткова інформація щодо СНС

ГЛОНАСС і GPS має передаватися за допомогою повідомлення 16 англійською мовою та за допомогою повідомлення 36 – російською та англійською мовами.

Диференціальний режим (ДР) СРНС – це фізичний і математичний загальнонавігаційний метод списування систематичних помилок, що накопичуються, обчислення координат у точках, координати яких відомі з точністю більш високою ніж забезпечує застосовувана апаратура і стандартна методика місцевизначення.

В основі ДР СРНС лежить компенсація помилок шляхом вирахування поточних відліків координат по апаратурі користувача (АК) і апаратурі контрольно-коригувальної станції (ККС), координати якої прив'язані до місцевості з геодезичною точністю. Систематичні похибки АК, зв'язані з наявністю просторової і часової кореляції складових похибок місцевизначення, компенсуються шляхом віднімання з цих похибок виправлень місцевизначення локальної ККС, розташованої в цьому регіоні. Складові систематичних похибок визначаються наступними факторами:

- похибками ефемеридних визначень;
- відходом шкали часу (ШЧ) космічних апаратів щодо системного часу (СЧ);
- відмінністю швидкості поширення радіосигналів у реальному середовищі поширення, в основному в іоносфері і тропосфері.

Стосовно до СРНС GPS, що є національною військовою системою США, відповідно до Меморандуму спільної робочої групи Міноборони і Мінтрансу США від 23 грудня 1993 р. диференціальний режим рекомендується для цивільних користувачів у якості основного. За цією рекомендацією ДР забезпечує користувачам крім виправлень, що гарантують високу якість місцевизначення в умовах селективного доступу (SA) (вводиться в загальний код Урядом США в особливих умовах), ще і формування інформації підтвердження працездатності, надійності, доступності і цілісності СРНС.

Основна функціональна структурна одиниця ДР – це контрольно-коригувальна станція (ККС). ККС накопичує в постійному режимі відліки по всіх навігаційних космічних апаратах (НКА), що спостерігаються, згладжує їх на великому інтервалі часу, визначає систематику похибок щодо свого геодезичного положення і координатний шум як міру якості навігаційного поля й апаратури ККС.

У такий спосіб вектор стану користувача, що складається з таких складових як координати, вектор швидкості, час, визначається по двох одночасних вимірах у рознесених точках – у користувача й у ККС.

Основна задача аналізу теорії і практики ДР – це знаходження і регламентація залежності похибки обсервації вектора стану користувача або ступені кореляції внесків складових похибок від відстані між користувачем і ККС тобто від бази обсервації в ДР для різних режимів ДР.

ДР служить так само основним режимом, за допомогою якого усувається невизначеність фазового методу, у випадку, якщо його застосування викликається технічною необхідністю.

У складі структури диференціальної підсистеми СРНС, крім ККС, у наземній інфраструктурі режиму ДР варто передбачити також фізичний канал

передачі диференційних виправлень і мати спеціальну АК зі спеціальним входом для виправлень. Такий режим називається „точка-многоточка” у тому розумінні, що виправлення транслюються всім користувачам як службова інформація з обчисленням точних координат на борту рухливого об’єкту. Запропонований фірмою Trimble режим зворотної DGPS не вимагає цього каналу трансляції виправлень, тому що виправлення враховуються на базовій станції системи AVL/GPS при прийомі навігаційних повідомлень від рухливих об’єктів.

Зворотна DGPS (IDGPS) є унікальною системою місцевизначення стосовно до диспетчеризації транспорту і картографічного забезпечення. У режимі IDGPS місце розташування коректується на базовій опорній станції, а не на транспортній одиниці.

5.2 Концепція створення супутникових диференціальних підсистем

Незважаючи на достатньо високу точність навігаційно-часових визначень по СРНС при їхньому штатному функціонуванні, для низки споживачів необхідно проведення дослідних робіт, спрямованих на підвищення точності та надійності функціонування СРНС. Один з таких напрямків дослідних робіт пов’язаний з реалізацією вимірів псевдодальності по фазі несучої частоти, інший – із введенням диференційного режиму навігаційних визначень. Увага до диференційного режиму пов’язана також із намаганням відновити точність навігації в позаштатних умовах функціонування СНС із будь-яких причин і забезпечити точність навігації вище 10 м.

Результати досліджень щодо визначення просторової та часової кореляції похибок місцезнаходження підказали такий шлях до підвищення точності СРНС, як обчислення систематичних похибок на контрольно-коригувальній станції (ККС) і використання обчислених похибок у якості коригуючих виправлень в апаратурі споживачів при проведенні сеансів навігаційно-часових визначень.

Під диференційною підсистемою СРНС розуміється комплекс додаткових засобів контролю та корекції навігаційної інформації, що передається супутниками СНС, і дозволить у результаті застосування спеціальної методики спостереження супутників і наступної обробки вимірів в 10...100 раз підвищити точність визначення координат споживачів у порівнянні зі штатним режимом. Для реалізації диференційного режиму необхідно доповнити СРНС низкою технічних засобів, сукупність яких можна розглядати як своєрідну підсистему, яка не повинна впливати на функціонування системи в основному режимі, проте повинна надавати можливість споживачу, при необхідності, перейти на роботу в диференційному режимі.

Диференційна підсистема може створюватися на основі широкозонної, регіональної та локальної підсистем із можливістю їхнього наступного об’єднання.

Широкозонна підсистема виконує функції:

- збирання та обробки інформації від станцій спостереження (наземна підсистема контролю та управління підсистеми СРНС) і контрольно-коригувальної станції (ККС);
- оперативного уточнення параметрів регіональних моделей атмосфери, ефемерид і частотно-часових виправлень, а також інформації про системи;
- передачі необхідної інформації від широкозонної підсистеми на локальні ККС чи безпосередньо споживачам.

Регіональні (спеціалізовані) підсистеми створюються при розгортанні мережі локальних ККС, пов'язаних із керуючою станцією для охоплення певних регіонів із більшою кількістю споживачів або обслуговування окремих класів споживачів. Регіонами обслуговування регіональних підсистем можуть бути області з інтенсивним рухом (повітряним, морським, автомобільним, залізничним), райони зі складними гідрометеорологічними умовами, райони дослідних робіт та ін.

Локальні підсистеми розгортаються в окремих районах для вирішення окремих економічних, наукових і інших задач, наприклад, для проведення спеціальних (епізодичних) відомчих робіт, у тому числі з камеральною обробкою. Локальні підсистеми можуть бути прецизійними і забезпечувати необхідну точність просторових визначень на відстанях до декількох десятків кілометрів. До складу регіональних і локальних підсистем повинна входити апаратура контролю роботи підсистеми, що забезпечує формування даних про СРНС для передачі споживачам.

5.2.1 Диференціальні підсистеми СРНС

При створенні диференційних підсистем СРНС на контрольно-коригувальній станції визначаються виправлення, обумовлені ефемеридними похибками, відхиленням шкал часу супутників і впливом середовища поширення навігаційних сигналів.

Обчислені на контрольно-коригувальній станції систематичні похибки (виправлення) передаються у вигляді коригувальної інформації по каналах зв'язку споживачам.

Одним з варіантів диференційної підсистеми СРНС може бути побудова контрольно-коригувальної станції у вигляді псевдосупутника (на землі), що передає споживачам диференційні виправлення одночасно з випромінюванням навігаційного сигналу, аналогічного випромінюваному із супутника навігаційної системи.

Реалізація диференційної підсистеми СРНС забезпечує точність абсолютного місцевизначення 2...5 м і відносного – у межах 1 м. Більш висока точність відносного місцевизначення, порядку декількох см ($\pm 10^{-6}$ довжини базової лінії), забезпечується при геодезичних вимірах із використанням фази несучої частоти і спеціальних методів обробки результатів.

Для впровадження диференційних підсистем необхідні такі заходи:

- розробка апаратури контрольно-коригувальних станцій, що забезпечують прийом навігаційних сигналів супутників, контроль їхньої якості визначення й формування коригувальної інформації (виправлень);

- розробка прийомоіндикаторної апаратури споживачів, що працює в штатному і диференційному режимах;
- розробка апаратури сполучення (інтерфейсів) з апаратурою каналів передачі/прийому коригувальної інформації;
- вибір і розробка (при необхідності) різних каналів передачі коригувальної інформації.

5.2.2 Диференціальні підсистеми наземних радіонавігаційних систем

Реалізація диференційних підсистем (режимів) наземних радіонавігаційних систем, особливо ОНХ і НХ діапазонів, використовує облік просторово-часової кореляції похибок при значному (до 200...500 км) віддаленні об'єкта від контрольно-коригувальної станції.

Диференційний режим використання РНС „Маршрут” („Альфа”) дозволяє підвищити точність визначення місця до 0,6...2,5 км (практично в 2 рази) для зон із радіусом 500 км щодо контрольно-коригувальної станції, що передає диференційні виправлення. Реалізація диференційного режиму в системах типу „Тропік” („Чайка”) дозволяє підвищити точність місцевизначення до 10-50 м для зон із радіусом до 200 км щодо контрольно-коригувальної станції.

Розроблено раціональний варіант реалізації диференційного режиму в РНС „Тропік” („Чайка”), заснований на сумісності функцій існуючих контрольних пунктів у системі „Тропік” („Чайка”) і контрольно-коригувальних станцій, що визначають і передають диференційні коригувальні виправлення. Для цього необхідне дообладнання контрольних пунктів системи спеціальною вимірювальною апаратурою й апаратурою зв'язку.

На такій сполученій контрольно-коригувальній станції крім контролю й керування станціями системи одночасно визначаються та передаються по каналах зв'язку диференційні коригувальні виправлення на передавальні станції системи, де вони по навігаційному каналу передаються споживачам. Таким чином, проблема передачі диференційних коригувальних виправлень із використанням навігаційного каналу РНС „Тропік” („Чайка”) може бути вирішена без спеціального каналу передачі. Перспективним у цьому напрямку є використання навігаційного каналу „Тропік” („Чайка”) при передачі диференційних поправок для споживачів СРНС.

На цей час прийняті в експлуатацію СРНС ГЛОНАСС і GPS, що у стандартному режимі мають точність (СКП) 20...25 і 30...50 м відповідно. З огляду на це, а також на те, що створення диференційних підсистем для наземних РНС потребує великих матеріальних витрат, створення й використання диференційного режиму для системи Маршрут-Д недоцільно з економічної точки зору. Необхідність створення диференційного режиму для системи Тропік-2(Чайка) розглядається при створенні спільних мереж РНС “Чайка”/”Лоран-С”.

5.3 Інтегрування радіонавігаційних систем

З упровадженням СРНС ГЛОНАСС (Росія) і GPS (США) з'являється можливість задоволення вимог більшості споживачів по точності навігаційного забезпечення. Однак і в цьому випадку можуть бути незадоволені вимоги споживачів по доступності й цілісності (особливо для повітряних і морських споживачів).

Для поліпшення таких характеристик навігаційного забезпечення РНС як доступність і доцільно створення інтегрованих РНС. Поліпшення доступності й цілісності інтегрованих РНС досягається за рахунок багаторазового радіонавігаційного покриття та функціональної незалежності окремих РНС.

Одночасне функціонування декількох СРНС і наземних РНС створює реальну можливість їхнього спільного чи інтегрованого використання з метою досягнення більш високих характеристик по точності, доступності й цілісності.

Ось деякі можливі варіанти інтегрування:

- 1) Космічна РНС – космічна РНС;
- 2) Наземна РНС – космічна РНС;
- 3) Наземна РНС – наземна РНС.

5.3.1 Інтегрування космічних радіонавігаційних систем

Під інтегруванням космічних радіонавігаційних систем розуміється використання спільного радіонавігаційного поля, створюваного цими СРНС, при самостійному незалежному керуванні кожною системою.

Ціль інтегрування космічних радіонавігаційних систем – створення комбінованої СРНС, що виконує функції основної радіонавігаційної системи для повітряних, морських, річкових, наземних і космічних споживачів.

На сьогодні практично реалізовано інтегрування СРНС ГЛОНАСС і КНС GPS (США) у проєкті EGNOS.

Інтегрування СРНС ГЛОНАСС і GPS дозволяє створити самодостатню глобальну радіонавігаційну систему, що задовольняє існуючим і перспективним вимогам повітряних, морських, наземних і космічних споживачів в Україні.

5.3.2 Інтегрування наземних радіонавігаційних систем

В умовах, коли застосування перспективної інтегрованої СРНС ГЛОНАСС/ GPS в Україні обмежене у зв'язку з відсутністю необхідного парку апаратури споживачів і її високою ціною, залишається актуальним подальше використання наземних РНС „Чайка” і „Лоран-С”, особливо в разі їх інтегрування з космічними навігаційними системами, відповідно: „Чайка”/ГЛОНАСС і „Лоран-С”/GPS і в перспективі „Чайка”/„Лоран-С”/GNSS.

У перспективі системи „Чайка” і „Лоран-С” планується використовувати в напрямках:

- продовження автономного використання;
- сполучення РНС „Чайка”/„Лоран-С” при створенні об'єднаних міжнародних мереж.

Продовження автономного використання РНС „Чайка” і „Лоран-С” пояснюється можливостями збільшення робочих зон і підвищення точності

місцевизначення за рахунок застосування режимів вимірювання відстані та диференційного, а також використання прийомоіндикаторів, що працюють по двох різних мережах.

Напрямок сполучення при створенні об'єднаних міжнародних мереж РНС „Чайка”/„Лоран-С” успішно реалізується в Україні. За рахунок фінансування цих робіт в Україні фондом ТАСІС у м. Сімферополі створюється базова передавальна станція інтегрованої РНС „Чайка”/„Лоран-С”. Цей напрямок перспективний, тому що дозволяє при порівняно невеликих витратах і в короткий термін одержати значні збільшення робочої зони РНС, точність і цілісність Інтегрованої РНС.

Для реального підвищення ефективності від спільного використання РНС „Чайка” і „Лоран-С” в Україні необхідно здійснити:

- вибір єдиної системи координат для станцій РНС;
- вибір єдиної шкали часу для точної прив'язки випромінювань станцій РНС;
- створення інтегрованої апаратури споживачів із використанням додаткових позаштатних режимів роботи.

5.3.3 Інтегрування наземних і космічних радіонавігаційних систем

Інтегрування наземних і космічних радіонавігаційних систем дозволить створити інтегровану радіонавігаційну систему, що перевершує по своїм технічним характеристикам кожен зі складових підсистем.

Як і при інтегруванні космічних радіонавігаційних систем створення інтегрованих наземних і космічних систем припускає інтеграцію радіонавігаційних полів і інтеграцію прийомоіндикаторної апаратури споживачів, що вимагає усунення розбіжностей у системах координат, шкалах часу, що знаходяться в експлуатації, і погодження структури радіосигналів, які передаються.

Одним із шляхів інтегрування вітчизняних наземних і космічних радіонавігаційних систем є інтегрування систем „Чайка”/„Лоран-С”/GNSS.

Інтегрування зазначених систем дозволить поліпшити їх доступність і цілісність у географічних районах, обумовлених межами покриття, створюваного мережами станцій наземних РНС, наприклад, в Азово-Чорноморському басейні. При доступності і цілісності наземної і космічної систем кожної у межах 0,997...0,998 ці характеристики в інтегрованих РНС будуть близькі до 1,0.

Інтегровані радіонавігаційні системи „Чайка”/„Лоран-С”/GNSS зможуть надалі використовуватися як основні системи для всіх етапів навігації, крім категорійного заходження на посадку й маневрування в акваторії порту, де потрібні, як було визначено, диференційні підсистеми.

5.4 Віртуальні опорні станції супутникових радіонавігаційних систем

Клас віртуальних базових (контрольних) чи інакше опорних (референсних) станцій був введений у практику широкозонних диференціальних мереж контрольно-коригувальних станцій (ККС) такими великими комерційними фірмами по наданню високоточних геодезичних

послуг як Fugro (мережі OmniStar і StarFix), а також Racal (мережі SkyFix і LandStar). Останнім часом ці послуги, крім Fugro, надають новий консорціум Thales Group, що об'єднав у своєму складі активи фірм Racal і Thomson CSF, а також світовий лідер у виробництві супутникового навігаційного устаткування (у тому числі високоточне для геодезичних робіт) Trimble Navigation.

Технологія віртуальних базових станцій (в англійському позначенні VRS – Virtual Reference Station) реалізується за допомогою зважування (обробки усереднення з ваговими коефіцієнтами) у користувача виправлень декількох фізичних опорних контрольно-коригувальних станцій (ККС), прийнятих по фізичному каналі передачі даних. Інтегральне виправлення для користувача формується як зважена сума поправок від кожної ККС мультиреференсної мережі, причому величини вагових коефіцієнтів враховують віддалення користувача від кожної ККС із використанням наближених відомих координат користувача.

Для одержання високої точності геодезичного класу з використанням VRS використовується комбінована техніка. Спочатку користувач відправляє на центральний сервер мережі VRS свої координати, отримані за допомогою звичайної техніки обсервації НКА СРНС. Сервер методом зворотної DGPS уточнює координати користувача, обчислює в цю точку зважену інтегральну оцінку поправок щодо найближчих трьох фізичних ККС і направляє її в точку знаходження користувача в якості локальної віртуальної позиції VRS. Користувач коректує свою позицію шляхом врахування цієї інтегральної оцінки виправлень у своєму сервері на вимірювальній позиції. У такий спосіб реалізується високоточний вимірювальний сеанс без наявності фізичної опорної станції в регіоні геодезичних робіт. Розрахункова точність місцевизначення по всій території України за технологією VRS концерну Thales Group при залученні 5 фізичних ККС, розташованих районах міст Анкара, Рим, Каїр, Кадис, Баку досягає 3,3...3,8 м по планових координатах і 5...5,6 м по висоті. Це свідчить про те, що забезпечується задовільна компенсація ефемеридних похибок у той час, як компенсація іоносферних і тропосферних похибок реалізується слабше через значну відстань діючих ККС від території України.

За технологією VRS фірми Trimble Navigation у сітці фізичних ККС із розносом до 300 км реалізується дециметрова точність вимірів при використанні поблизу VRS користувача усього лише одночастотного приймача L1 з кодом C/A. По тій же технології VRS при розносі фізичних ККС до 50...70 км реалізується сантиметрова точність вимірів у геодезичному режимі RTK.

Технологія VRS для України, крім переваг технічної реалізації при значній економії засобів за рахунок використання на місцевості простих одночастотних приймачів, забезпечує також гнучкість організації надання послуг користувачам.

Однак реалізація технології VRS для прецизійного навігаційного та геодезичного забезпечення на всій території України, незалежного від закордонних навігаційних центрів та вище згаданих постачальників апаратно-програмних комплексів, потребує завершення робіт Укргеодезкартографії по

розгортанню пунктів фундаментальної геодезичної мережі України, а також розробки власного методичного та програмно-математичного забезпечення.

5.5 Функціональне доповнення Eurofix.

Eurofix – це функціональне доповнення до СРНС наземного базування, що забезпечує локальні виправлення і дані цілісності СРНС за допомогою накладення їх на сигнали „Loran-C”/„Чайка”. Через частоту передачі 100 кГц і необхідної довжини ліній передачі даних до 1000 км, швидкість передачі неопрацьованих даних обмежується величиною 100 біт/с. Через наявність великого заголовка FEC (пряма корекція помилок) корисна швидкість скорочується, приблизно, до 30 біт/з, що складає тільки 1/8 смуги WAAS і EGNOS. У той же час, за рахунок ефективного ущільнення інформації в повідомленнях Eurofix, сумарний результат по точності місцевизначення і часу тривоги при контролі цілісності порівняний з показниками систем DGPS на радіомаяках при швидкості передачі даних 200 біт/с. З відключенням селективного доступу в GPS стало менш важливим боротися за високу пропускну здатність ліній передачі даних. Головним питанням залишається ліміт на час тривоги – 10 с при збереженні високої цілісності ліній передачі даних.

По програмі за назвою „Етап реалізації Eurofix у NELS” у даний час Eurofix упроваджується на чотирьох передавачах NELS (північно-європейська мережа станцій „Loran-C”) з метою перевірки робочих характеристик Eurofix і відсутності перешкод основній службі „Loran-C”. З 1997 року система впроваджена на станції Зільт у Німеччині. Вона вже передає виправлення DGPS на площі радіусом близько 1000 км із точністю місцевизначення не гірше 5 метрів (95%). У результаті виявляється, що використання виправлень усього від однієї станції вже дає точність місцевизначення по DGPS, порівнянну з точністю радіомаяків МАМС і берегової національної служби GPS у США. Отримані по програмі результати будуть покладені в основу спеціальної пропозиції по впровадженню Eurofix по всій системі NELS, включаючи підсистеми зв'язку і керування.

На підставі проведених досліджень і іспитів після відключення режиму селективного доступу GPS від Eurofix очікуються наступні робочі характеристики:

Присутність сигналу Eurofix у просторі:

99,8 у межах дальності дії однієї станції;

99,9996 у межах дальності двох станцій;

99,9999992 – трьох станцій.

Точність: Горизонтальна 1,5...2 метри (95%);

Вертикальна 3...4 метри (95%).

Дальність дії служби: 1000 км від станції.

Цілісність (час тривоги): Режим LAAS – 4,5...6 с.

Режим регіонального RAAS – значно менше

Імовірність порушення безперервності: 1×10^{-4} за 150 с

Супутникова навігація буде і надалі залишатися основною системою, проте СРНС не будуть цілком відповідати усім вимогам користувачів, особливо в частині завадостійкості і доступності. Тому будуть потрібні системи функціонального доповнення GNSS і інтегрування з наземними системами. У даному контексті системи „Loran-C”/„Чайка” не відповідає сучасним вимогам у якості автономної незалежної системи навігації чи для задач резервування GNSS. Тому впливає висновок, що роль систем „Loran-C”/„Чайка” у майбутньому – це функціональна невід’ємна частина інтегрованої глобальної навігаційної системи.

Основним обмеженням впровадження інтегрованої системи „Loran-C”/Eurofix є відсутність серійної прийомної апаратури і, отже, дуже вузька користувальницька база. Без ринку апаратури прийомоіндикаторів для цієї системи як майбутньої частини GNSS буде неможливо реалізувати її великий потенціал.

Об’єднання „Loran-C”/„Чайка”, підсилене службою Eurofix, як очікується, стане найважливішим елементом наземного базування в комплексній системі радіонавігації майбутнього, що буде складатися з елементів космічного і наземного базування й обслуговувати усі види транспорту й інших користувачів, як цивільних, так і військових.

Як показує аналіз, системи функціонального доповнення супутникового базування (SBAS) EGNOS, WAAS і MSAS у сполученні з Eurofix є найбільш надійними системами функціонального доповнення, що з погляду цілісності, доступності і безперервності працюють краще, ніж автономні системи SBAS. Робочі характеристики Eurofix у континентальних регіонах порівнянні з тими, котрі мають системи SBAS.

У вересні 2000 р. Єврокомісія (ЄК) схвалила пропозицію по дослідженню робочих характеристик комплексної радіонавігаційної системи GPS/Glonass/EGNOS/„Loran-C”/Eurofix спеціально для наземного (у першу чергу) і потім авіаційного транспорту. У цьому дворічному проекті, у якому беруть участь фірми Німеччини, Австрії, Швейцарії і Нідерландів, основна увага приділяється проектуванню комплексних прийомоіндикаторів і виробленню вимог на таку інтегровану систему радіонавігації. Для України ця робота має особливе значення з погляду створення єдиного національного радіонавігаційного поля.

5.6 Створення радіонавігаційного поля

Створення радіонавігаційного поля припускає забезпечення можливості використання навігаційних сигналів двох чи більше РНС (у тому числі СРНС) і наявність апаратури споживачів, що працює з цими системами.

Єдине радіонавігаційне поле це сукупність інтегрованих радіонавігаційних полів РНС космічного й наземного базування.

Ефективність використання єдиного радіонавігаційного поля буде визначатися ступенем узгодження систем координат і часових шкал інтегрованих систем.

Єдина координатно-часова основа й погодженість структур навігаційних сигналів дозволять створити уніфікований ряд інтегрованих прийомоіндикаторів модульного типу. Модульна структура повинна забезпечити можливість вибору будь-якими споживачами необхідного зразка прийомоіндикатора, виходячи зі складу використовуваних інтегрованих радіонавігаційних систем.

Спільна обробка навігаційних параметрів на рівні вимірів не менше як від трьох будь-яких радіонавігаційних сигналів (наприклад, не менше одного супутника СРНС і двох наземних станцій РНС, далі два супутники й одна наземна станція і т.д.) підвищить надійність і точність навігаційних визначень у зв'язку з явищем синергізму незалежних навігаційних систем. Надмірність навігаційних вимірів у єдиному радіонавігаційному полі дозволить також здійснювати контроль якості РНС практично в реальному масштабі часу.

Підвищення точності характеристик до одиниць метрів (сантиметрів при фазових вимірах несучої) при одночасному підвищенні доступності й цілісності навігаційного забезпечення в районах, обладнаних наземними станціями РНС, може здійснюватися сполученням функцій наземних РНС із функціями „псевдосупутників”, а також при реалізації диференційного режиму інтегрованої навігаційної структури.

Використання єдиного радіонавігаційного поля дозволить забезпечити виконання вимог до навігаційного забезпечення основних груп споживачів, а також підвищити ймовірність безупинного навігаційного забезпечення і здійснити можливість взаємного контролю РНС космічного й наземного базування.

5.7 Перспективи розвитку апаратури споживачів навігаційної інформації

Розвиток прийомоіндикаторної апаратури має бути спрямований на:

- створення необхідного парку навігаційної апаратури споживачів СРНС ГЛОНАСС/GPS для всіх типів споживачів;
- підвищення характеристик точності за рахунок використання диференційних режимів прийому коригуючих виправлень і реалізації фазових методів вимірів;
- розширення функціональних можливостей і сервісних послуг, у тому числі за рахунок застосування електронних карт;
- підвищення надійності, завадостійкості й електромагнітної сумісності;
- забезпечення автономних методів контролю цілісності системи;
- зменшення масогабаритних характеристик;
- зменшення вартості апаратури й доступності для масового споживача;
- забезпечення можливості комплексного використання з іншими автономними й навігаційними засобами;
- уніфікацію блоків і вузлів, використовуваних у навігаційній апаратурі різного призначення;
- створення інтегрованої апаратури споживачів модульного типу.

У процесі подальшого розвитку прийомоіндикаторної апаратури для повітряних, морських, річкових, наземних і космічних споживачів найбільш

перспективним напрямком є створення інтегрованого уніфікованого ряду апаратури.

Можливі наступні типи інтегрованої апаратури:

- інтегрована апаратура космічних СРНС ГЛОНАСС/GPS;
- інтегрована апаратура наземних РНС „Чайка”/„Лоран-С”;
- інтегрована апаратура наземних і космічних РНС „Чайка”/„Лоран-С”/ГЛОНАСС/GPS;
- інтегрована апаратура наземних і космічних РНС: „Чайка”/„Лоран-С”/ГЛОНАСС/GPS/GALILEO (у майбутньому).

Повітряними, морськими, річковими й наземними споживачами планується використання інтегрованої апаратури GNSS (GPS, ГЛОНАСС, EGNOS, Galileo, WAAS, MSAS). Для апаратури інтегрованої СРНС типу ГЛОНАСС/GPS (EGNOS) розроблюється міжнародний стандарт на авіаційний інтегрований прийомоіндикатор, і в стадії узгодження знаходиться проект міжнародного стандарту на морський інтегрований прийомоіндикатор СРНС. Надалі повинні бути розроблені національні стандарти.

Для військових споживачів в Україні актуальною задачею є інтегрування вітчизняних наземних РНС, які мають змогу національного управління зі СРНС типу GNSS, і відповідно розробка інтегрованої апаратури споживачів по військовим нормалям.

6. СИСТЕМА КОСМІЧНОГО НАВІГАЦІЙНОГО (КООРДИНАТНОГО) І ЧАСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ

6.1 Загальна характеристика проекту

Основною метою створення СКНЧЗУ (роботи виконуються на замовлення НКАУ в рамках Національної космічної програми України) є організація на території України навігаційно-часового забезпечення, яке б задовольняло вимоги споживачів навігаційної інформації на всій території України, у національному повітряному просторі, в акваторіях прилеглих морів із необхідними характеристиками по точності, надійності, доступності, забезпечуючи при цьому сумісність із міжнародними системами навігаційного обслуговування.

СКНЧЗУ призначена для:

- ведення постійного (із метою контролю цілісності) моніторингу навігаційних полів, створюваних космічними навігаційними системами GPS (США), ГЛОНАСС (РФ);
- формування диференційної коригувальної інформації (ДКІ) для уточнення цих полів, включаючи формування інформації про їхню цілісність;
- поширення ДКІ засобами через супутникові та звичайні канали передачі інформації на територію України і на прилягаючі території інших країн.

Створювана СКНЧЗУ відноситься до так званих поліпшуючих систем і подібна європейській системі EGNOS. СКНЧЗУ спроектована і будується таким чином, щоб забезпечувалася її сумісність із системою EGNOS. Зокрема, архітектура СКНЧЗУ передбачає можливість передачі вимірювальної інформації і даних про стан іоносфери в один із центрів керування системою EGNOS.

У закінченому вигляді СКНЧЗУ повинна складатись з:

- мережі з 10-12 регіональних пунктів контролю навігаційного поля (РПКНП), на яких будуть встановлені високоточні контрольні-коригувальні станції;
- центр контролю навігаційного поля (ЦКНП), де повинна в реальному часі виконуватись обробка інформації з мережі РПКНП;
- наземна навігаційна станція, що забезпечує роботу бортового ретранслятора геостационарного супутника зв'язку (ГСЗ);
- мережа передачі даних.

Вибрана архітектура СКНЧЗУ забезпечить підтримку трьох основних режимів функціонування:

- 1) передача навігаційних сигналів, аналогічних за структурою GPS. Ці сигнали містять у своєму складі навігаційне повідомлення ГСЗ і коди вимірювання відстані, синхронізовані із системним часом GPS;
- 2) контроль цілісності навігаційних полів і не більш ніж за 10 с повідомляє інформацію про якість навігаційного поля, що дозволяє споживачам приймати відповідні рішення в критичних режимах навігації;
- 3) формування й трансляцію споживачам широкозонних диференційних коригуючих виправлень. Ці коригуючі виправлення підвищать точність (2

СКП) місцевизначення (в залежності від умов формування коригуючих виправлень: до 5...10 м при задіяні тільки українських ККС, 2...6 м – при входженні СКНЧЗУ до системи EGNOS).

Система забезпечить можливість прийому вимірювальної інформації від локальних ККС систем категоризованої інструментальної посадки літаків і мережі ККС Азово-Чорноморського басейну (після їх створення).

На цей час роботи з створення СКНЧЗУ відповідають „Концепції створення й експлуатації системи навігаційно-часового забезпечення України на період 2000-2005 рр.», погодженої зо всіма міністерствами і відомствами України та схваленої в 2000 році Міжгалузевою комісією з питань навігації і управління транспортними та іншими рухомими об'єктами. Згідно цієї Концепції передбачено:

1 етап – інтеграція українських ККС в наземну інфраструктуру EGNOS і поширення зони дії EGNOS на Україну.

2 етап – подальше розгортання РПКНП з ККС в Україні і створення українського наземного сегменту СКНЧЗ загального призначення.

3 етап – створення відомчих локальних мереж ККС.

Спільні з європейськими партнерами роботи на першому етапі розвитку СКНЗУ дозволять українським підприємствам-розробникам зробити технологічний прорив, результати якого будуть використані на другому і третьому етапах в інтересах розвитку незалежної державної мережі контролю цілісності навігаційного поля України.

6.2 Заходи щодо поширення зони дії EGNOS на Україну.

Розширення зони дії EGNOS на територію України – ефективне рішення проблем навігаційного забезпечення в Україні, що не вимагає великих витрат. Воно дозволить створити надійне й точне навігаційно-часове забезпечення для всіх видів транспорту на всій території України й у прилеглих регіонах.

Основним фактором, що сприяє розширенню зони дії EGNOS на територію України, є те, що Україна знаходиться в зоні стійкого прийому сигналів від двох геостационарних супутників Inmarsat-3: AOR-E і IOR. Це дозволяє, в принципі, усім споживачам України використовувати ці супутники як додаткові „навігаційні точки”, а також приймати від них інформацію про цілісність навігаційного поля GNSS і широкозонні диференційні корегуючі виправлення, сформовані наземним сегментом EGNOS.

Однак існує проблема, яка полягає в тім, що не всі навігаційні супутники, що спостерігаються з території України, будуть забезпечені корегувальною інформацією системи EGNOS, тому що вона формує й передає споживачам коригувальну інформацію гарантованої точності тільки для тих навігаційних супутників GNSS (GPS і ГЛОНАСС), що можуть спостерігатися споживачами, які знаходяться в зоні ЕСАС.

Тому питання поширення зони дії системи EGNOS на територію України повинно вирішуватись разом з питанням розширення мірної бази системи EGNOS.

З технічної точки зору питання наземного сегменту зводиться до

розміщення на території України декількох станцій моніторингу навігаційного поля (RIMS), які є базовими елементами наземного сегменту системи EGNOS, і забезпечення передачі вимірювальної інформації в один з обробних центрів EGNOS.

Такий підхід дозволить значно розширити вимірювальну базу системи EGNOS, що, у свою чергу, приведе до поліпшення контролю цілісності і уточненню диференційних коригуючих виправлень для районів Східної та Південно-Східної Європи, Малої Азії й Кавказу. У технічній площині ніяких принципових ускладнень, які стримують створення українського наземного сегмента і його інтеграцію до складу ESTB, немає, про що свідчать результати переговорів в грудні 2001 року делегації НКАУ в Єврокомісію та Європейське Космічне Агентство (ESA).

6.3 Поточний стан робіт та найближчі плани по створенню СКНЧЗУ

До основних результатів роботи кооперації виконавців із проектування СКНЧЗУ на кінець 2001 р. варто віднести:

- завершення робіт над ескізним проектом системи, в якому визначено склад функцій і функціональних підсистем для всіх елементів наземного сегмента системи, у тому числі: ЦКНП, РПКНП, ККС, наземної навігаційної станції, мережі передачі даних;
- розробку „Концепції створення й експлуатації системи на період 2000-2005 роки” і „Плану організаційно-технічних заходів щодо розгортання системи на 2000-2004 роки”;
- створення макету контрольно-коригуючої станції типу RIMS;
- проведення консультацій з розробниками системи EGNOS з питань включення українських ККС до складу EGNOS System Test Bed (ESTB).

На 2002 рік передбачається:

- 1) встановити в двох РПКНП (м. Харків, м. Дунаївці) ККС вітчизняної розробки;
- 2) відпрацювати збір і передачу навігаційної інформації за допомогою системи супутникового зв'язку на базі орендованого визначеного каналу одного з геостационарних супутників, наприклад, Sirius-2 (Швеція), в один з центрів керування системи EGNOS за узгодженням із ESA з двох українських РПКНП (Харків і Євпаторія).

Виконання названих вище заходів дозволить розгорнути в Україні також роботи відповідно до вимог, розроблених Європейською Трьохсторонньою Групою (ETG) по наступних напрямках:

- привести в робочий стан інструментальні засоби збору й аналізу навігаційної інформації на своїй території, тобто, забезпечити розширення географії й збільшення кількості наземних контрольних станцій, відповідно до рекомендацій Європейської конференції цивільної авіації (ECAC) та МАМС;
- забезпечити збір статистичних даних і оцінку точності навігаційних визначень із метою нагромадження практичного досвіду роботи із системою EGNOS, включаючи роботи з аналізу різних ефектів, зв'язаних із середовищем поширення сигналів і впливу іоносфери;

- забезпечити проведення випробувань різними споживачами для оцінки характеристик системи на своїй території.

7 ЕТАПНІСТЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

План робіт відносно життєвого циклу різних радіонавігаційних систем, що можливо будуть використовуватись споживачами в Україні, наведено у таблиці 21 (в подальшому можливі коригування).

Таблиця 21

Етапність життєвого циклу радіонавігаційних систем

Системи Навігації	Етапи реалізації РНПУ, рр.						
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Космічні навігаційні системи							
GPS	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
ГЛОНАСС	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
EGNOS	РР	РР, П	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
Galileo	Р	Р	Р	РР, В	П	Ш	Ш
СКНЗУ	Р, В	Р, В, РР	Р, В, РР	РР, В	П	Ш	Ш
Наземні системи дальньої навігації							
„Маршрут”	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
„Тропик-2”	Ш	М	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
„Тропик-2П”	Ш	Ш	М	Ш	Ш	Ш	Ш
„Марс-75”	Ш	Ш	Ш	Ш	М	Ш	Ш
Наземні системи ближньої навігації							
РСБН-4Н	Ш	Ш	Ш	Ш	З	-	-
VOR/DME	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
РС 10	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
ГРАС-2	Ш	Ш	З	-	-	-	-
ПАР-8 (9М,10)	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
КРМ,АЛМАЗ	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
Системи посадки							
СП-75(80)	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
ПРМГ-5(6)	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
РСП-6М2	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
РСП-10	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	З	-
Системи висвітлення надводної обстановки та управління рухом суден							
1РЛ 139-2	Ш	Ш, М	Ш, М	Ш	Ш	Ш	З
РЛС МР 212/201,	Ш	М	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
РЛС МР 244	М	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
РЛС „Наяда”,	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
РЛС „Дон”	Ш	Ш	З	-	-	-	-
РЛС „Ціль-Басур”	В	РР, П	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш

Системи спостереження за повітряною обстановкою							
1РЛ 139-2	Ш	Ш, М	М, Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
ТРЛК-10	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
ДРЛ-7СМ	поступово виводяться з експлуатації						
Корінь АС	Ш	модернізація чи заміна					
Екран-85	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
РСП-6М2	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш
РЛК “Дніпро”	Р, В	РР, П	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш

В таблиці прийнято такі скорочення:

- Р – Розробка;
- В – Випробування;
- РР – Розгортання;
- П – Прийом до експлуатації;
- Ш – Штатна експлуатація;
- М – Модернізація;
- З – Зняття з експлуатації.

8 ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РЕАЛІЗАЦІЇ РНПУ

Забезпечення вимог різних груп споживачів існуючими радіонавігаційними засобами визначає напрямки рішення таких основних проблем:

- підвищення точності визначення місцезнаходження об’єктів;
- підвищення доступності РНС;
- підвищення цілісності РНС;
- підвищення безперервності функціонування (надійності).

Рішення цих проблем здійснюються:

- застосуванням диференційних підсистем (режимів) і засобів контролю цілісності;
- створенням об’єднаного міжнародного ланцюга РНС „Чайка” та „Лоран-С” у Чорноморсько-Середньоземноморському регіоні;
- створенням єдиної системи висвітлювання надводної обстановки, контролю й управління рухом суден та кораблів в Азово-Чорноморському басейні на базі 3-х відомчих систем Мінтрансу, Міноборони та Держкомкордону України з єдиним інформаційним полем;
- створенням інтегрованого радіолокаційного поля освітлення повітряної обстановки, включаючи інформацію з метеорологічних радіолокаторів про небезпечні для авіації метеорологічні явища (грози, шквали, турбулентність тощо);
- модернізацією мобільної наземної РНС „Чайка” на сучасній елементній базі (у межах співробітництва з РФ);
- використанням наземної РНС „Маршрут” („Альфа”) по узгодженню з Російською Федерацією;

- інтегруванням
- РНС та створенням єдиного радіонавігаційного поля;
- упровадженням автоматичних ідентифікаційних систем (AIS) та систем залежного спостереження (ADS);
- покращанням технічних характеристик РНС і прийооміндикаторів споживачів.

В цілях оптимізації складу ККС регіональних ДПС передбачається створення у рамках єдиної мережі ККС Азово-Чорноморського басейну на базі морських радіомаяків мережі ККС для міжнародних транспортних коридорів, застосування радіонавігаційного каналу РНС „Чайка”, „Лоран-С” для передавання диференційних коригуючих виправлень (проект EUROFIX).

Впровадження AIS як доповнення до систем висвітлювання надводної планується відповідно із програмами по „Безпеці мореплавання”.

Подальший розвиток системи CNS/ATM в Україні планується після розробки в 2002 році плану впровадження в Україні систем CNS/ATM згідно з рекомендаціями ICAO (Doc 9750, резолюція С-WP/11609, 1/6/01).

Концепція розвитку РНС передбачає створення системи єдиного радіонавігаційного поля (ЄРНП), яке є сукупністю радіонавігаційних полів космічного та наземного базування, які мають єдину координатно-часову основу й узгоджену структуру широкосмугових навігаційних систем, несучі радіочастоти яких рознесені по діапазону. Створення ЄРНП дозволить забезпечити підвищення точності й цілісності координатно-часових визначень та доступності РНС.

Сумісна обробка навігаційних параметрів на рівні вимірювань трьох радіонавігаційних сигналів (супутникових або наземних) підвищить надійність навігаційних визначень.

При створенні ЄРНП вимагається вирішення як організаційних, так і технічних проблем:

- підвищення точності визначення координат місця за допомогою диференційних підсистем та спеціальних методів обробки сигналів (робота по фазі несучої радіонавігаційних сигналів, використання сигналів РНС „Лоран-С”, „Чайка” у квазідалекомірному режимі, відносні визначення на обмежених базах і т.д.);
- забезпечення синхронізації наземних станцій за допомогою СРНС із похибкою до 10-15 нс, що дозволить проводити обробку інформації на рівні вимірювань радіонавігаційних параметрів будь яких систем;
- перехід до застосування псевдошумових сигналів в СХ і НХ РНС;
- створення єдиного прийооміндикатора модульного типу із програмуємим цифровим пристроєм обробки радіонавігаційних сигналів;
- створення мобільних високоточних наземних РНС типу „Грас”;
- узгодження з РФ використання наземної РНС „Маршрут” („Альфа”);
- Розробка нормативно-правової бази.

Джерела інформації

1. Межгосударственная радионавигационная программа государственных участников СНГ на 2001-2005 гг.
2. Federal Radionavigational Plan of USA. 1998.
3. Российский радионавигационный план. 2000.
4. Концепція створення та експлуатації системи навігаційно-часового забезпечення України на період 2000-2005 рр. – Національне космічне агентство України. – 29 с.
5. Глобальный аэронавигационный план применительно к системам CNS/ATM, Doc 9750 ИКАО, (редакция C-WP/11609, 01.06.01).
6. Консолидированный текст Конвенции СОЛАС-74. Глава 5.
7. EGNOS AOC: Требования к системе. – Европейское космическое агентство, проектное бюро GNSS-1, 1998.
8. Spatial Reference System for Europe // Proc. and Recommendation of Workshop held in Marne - La Valle, 29-30.11.1999. European Commission. European Commission Joint Research Center, 2000.
9. Шулта С. (БО США). Федеральный радионавигационный план // “Планирование глобальной навигации”: Сб. тр. Третьей междунар. конф. М., 2000. – с. 50-55.
10. Дирк Кюглер, Франк Густке. Разработка германского радионавигационного плана (DFNP) // “Планирование глобальной навигации”: Сб. тр. Второй междунар. конф. – М., 1997. – т. 2, – с. 354-364.
11. Кошевой А.А. Общегосударственная политика по разработке Радионавигационного плана Украины // Космічна наука і технологія. – 2000. т. 7, №4. – с. 5-11.
12. Верещак А.П., Кот П.А., Козлов В.А., Махонин Е.И., Волох К.Ф. Система космического навигационно-временного обеспечения Украины: состояние и перспективы // Космічна наука і технологія. – 2000. т. 7, №4. – с. 12-16.
13. Schildknecht T., Dudle G. Time and frequency transfer: high precision using GPS phase measurement // GPS World. – 2000. – Feb. – p. 48-52.
14. Standards for IGS Stations and Operational Centers, Version 1.3 (9 February, 1999) (prepared by IGS Infrastructure Committee and Bureau) // http://igscd.jpl.nasa.gov/network/guide_igs.html
15. Бабак В.П., Скалько Я.И., Харченко В.П. Основные направления внедрения спутниковых технологий для повышения эффективности движения воздушного транспорта в Украине // Космічна наука і технологія. – 2000. т. 7, №4. – с. 17-21.
16. Кравчук В.І., Баранов Г.Л. Концептуальні основи побудови системи точного землеробства України // Техніка АПК.-2000-№9 с.4-8
17. Загоруйко В.В., Конин В.В. Обеспечение точных заходов на посадку методами спутниковой навигации // Космічна наука і технологія. – 2000. т. 7, №4. – с. 25-30
18. Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движением судов. . Санкт-Петербург.”Элмор” 2002.

19. Козлов В.А., Лукьянов А.М., Ноздрин И.Г. Технические предпосылки расширения зоны действия EGNOS на территории Украины // Космічна наука і технологія. – 2000. т. 7, №4. – с. 22-25.
20. Вагущенко Л.Л., Кошовий А.А. Автоматизовані комплекси судноводіння. Київ КВІЦ 2001
21. Горб А.И., Криволапов О.А. Опыт использования GPS-техники в землеустройстве // Космічна наука і технологія. – 2000. т. 7, №4. – с. 70-76.
22. Грановский В.А. Системная метрология: метрологические системы и метрология систем. Санкт-Петербург. 1999.
23. The Air Traffic Management (ATM) Strategy for the years 2000+(ATM 2000+Strategy), vol.1 and vol.2. EUROCONTROL, January 2000 Brussels.
24. Proposal for a European Radio Navigation Plan/ A European Approach to Radionavigation. Version 0.1. 2002
25. Резолюция ИМО А.915(22): 2001. Политика мореплавания в отношении будущей ГНСС.

Посібник.

Баранов Георгій Леонідович
Кошовий Анатолій Андрійович
Падалко Віктор Григорович
Скорик Євгеній Тимофійович
Хавило Віктор Іванович

Радіонавігаційний план України (проект).

Редактор
Коректор

Ліцензія

Здано у друк 12.07.2002
Тираж 100 примірників