

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ СТВОРЕННЯ ПОЛІГОННОЇ СИСТЕМИ ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ НА БАЗІ ПРИЙМАЧІВ СИГНАЛІВ СУПУТНИКОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Проведено аналіз шляхів створення системи траєкторних вимірювань Державного авіаційного науково-випробного центру Збройних Сил України для забезпечення випробувань озброєння і військової техніки та об'єктивного контролю бойових стрільб військ (сил) Збройних Сил України

озброєння, військова техніка, траєкторні вимірювання, навігаційна система, сигнал, СНС-приймач

Вступ

Аналіз останніх воєнних конфліктів у світі свідчить про те, що ефективність збройних сил держави цілком залежить від рівня професійної підготовленості особового складу та технічного забезпечення військ. Він досягається виконанням низки заходів, основними з яких є комплектування військ новими зразками озброєння і військової техніки (ОВТ) та забезпечення підготовки і контролю професійного уміння військ під час проведення навчань в умовах, максимально наближених до бойових. Вирішення цих завдань вимагає наявності у Збройних Силах України багатофункціонального наукового навчального центру.

1. Аналіз існуючих досягнень

На даний час в Україні фактично тільки Державний авіаційний науково-випробний центр Збройних Сил України (ДАНВЦ) може відповідати вимогам, що висувуються до універсального центру проведення випробних робіт і забезпечення навчань. Це пов'язано з наявністю значних територіальних ресурсів, спеціалізованої випробної інфраструктури та полігонного вимірювального комплексу [1].

Одним з основних видів робіт, що здійснюються на полігонах ДАНВЦ під час випробувань ОВТ і навчань, є виконання траєкторних вимірювань (ТВ). У даний час система ТВ ДАНВЦ складається безпо-

середньо зі станцій ТВ і додаткового обладнання (системи єдиного часу, апаратури передачі даних, системи енергопостачання тощо), які розміщені на вимірювальних пунктах полігонів. Ці технічні засоби застаріли і потребують проведення ремонту чи модернізації. Крім того, експлуатація цих станцій вимагає значних фінансових витрат на електроенергію, пально-мастильні матеріали, дорогі витратні матеріали (кіноплівка, фотопапір). Так, вартість капітального ремонту тільки однієї радіолокаційної станції «Кама-А» становить 335 тисяч гривень, а в процесі роботи вона споживає близько 30 кВт електроенергії за годину.

2. Постановка задачі

Разом з тим існуючі технічні засоби можуть бути успішно замінені мобільними системами ТВ на базі приймачів сигналів супутникових навігаційних систем (СНС-приймачів). Нижче наведено технічні характеристики СНС-приймачів Trimble 5700 Total Station та MPC (NovAtel Inc.), які можуть бути використані при створенні системи ТВ [2]:

Trimble 5700 Total Station

Темп видачі даних: 1, 2, 5 і 10 Гц

Точність вимірювання первинних параметрів (середньоквадратична похибка – СКП):

псевдодальності – дані відсутні;

псевдофази < 1 мм

Точність визначення відносних координат (СКП):

тільки кодові вимірювання:

$\pm 25 \text{ см} + 1 \text{ мм/км}$ (планові координати)

$\pm 50 \text{ см} + 1 \text{ мм/км}$ (висота)

фазові вимірювання, статичний режим:

$\pm 5 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км}$ (планові координати)

$\pm 5 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$ (висота)

фазові вимірювання, кінематика (в динаміці):

$\pm 10 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$ (планові координати)

$\pm 20 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$ (висота)

MPC (NovAtel Inc.)

Темп видачі даних - 20 Гц

Точність вимірювання первинних параметрів (СКП):

- псевдодальності: 0,06 м (C/A-код) і 0,25 м (P-код);

- псевдофази $< 1 \text{ мм}$

Точність визначення абсолютних координат (СКП):

- 1,8 м (одночастотний режим) і 1,5 м (двочастотний режим) – стандартний режим;

- 0,8 м – широкозонний диференціальний режим

- 0,45 м – локальний диференціальний режим

Точність визначення відносних координат (СКП):

- 1 см + 1 мм/км – для планових координат і висоти, кінематика

І в Україні є низка підприємств, які розробляють авіаційні і космічні системи на базі СНС-приймачів. Так, Державне підприємство «Орізон-Навігація» (м.Сміла, Черкаської області), розробляє широкий спектр СНС-обладнання, у тому числі для обладнання літаків [3]. У свою чергу, Харківський науково-дослідний інститут радіовимірювань розробляє аналогічні космічні системи.

3. Варіанти створення полігонної системи

Виходячи з різних рівнів складності випробних робіт, які забезпечує ДАНВЦ, доцільно розглянути три варіанти створення системи ТВ на базі СНС-приймачів.

1. Для проведення випробувань зразків, що не піддаються руйнуванню під час льотного експерименту і не потребують визначення місця розташування повітряних об'єктів у реальному масштабі часу (РМЧ), необхідно встановити на кожному об'єкті СНС-приймач із запам'ятовуючим пристроєм.

Для підвищення точності вимірювань можна використовувати додатковий наземний приймач, який розміщений у геодезично прив'язаному пункті (як правило, сучасні СНС-приймачі мають функцію самостійного точного визначення координат за тривалий час: 1-24 годин). Після завершення експерименту інформація з бортових і наземного приймачів обробляється спільно (так званий диференціальний метод обробки). При використанні тільки бортових СНС-приймачів досягається точність визначення координат (СКП) – 10-15 м, у диференціальному режимі – 1-5 м (із ймовірністю 95%). В диференціальному режимі можна досягти і сантиметрової точності визначення траєкторії, що підтверджується світовим досвідом практичного використання системи GPS (NAVSTAR, США) [4 - 6]. Варіант даної системи показано на рис. 1.

2. У випадках, коли об'єкт руйнується під час експерименту, або інформацію про його місце розташування необхідно одержувати у РМЧ для прийняття рішення на подальше проведення робіт чи для забезпечення безпеки, необхідно реалізувати канал передачі траєкторної інформації від бортового СНС-приймача на наземний пункт з послідовною обробкою та накопиченням цієї інформації.

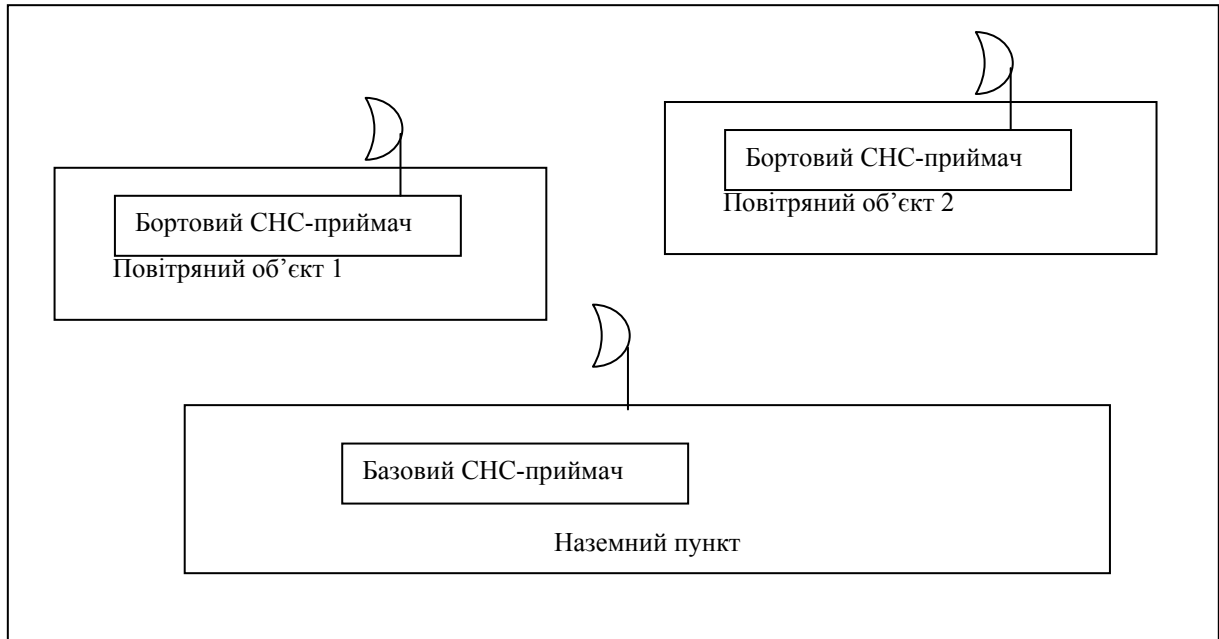


Рис. 1. Структура системи тракторних вимірювань на базі СНС-приймачів

У таких випадках об'єкт оснащується СНС-приймачом і телеметричною (ТМ) апаратурою. Така конфігурація обладнання дає можливість введення інформації від СНС-приймачів у телеметричний кадр, оскільки додатковий інформаційний потік бу-

де незначним. У випадку відсутності ТМ апаратури на борту можливе використання відповідних за характеристиками радіомодемів чи іншої радіоапаратури. Варіант даної системи показано на рис. 2.

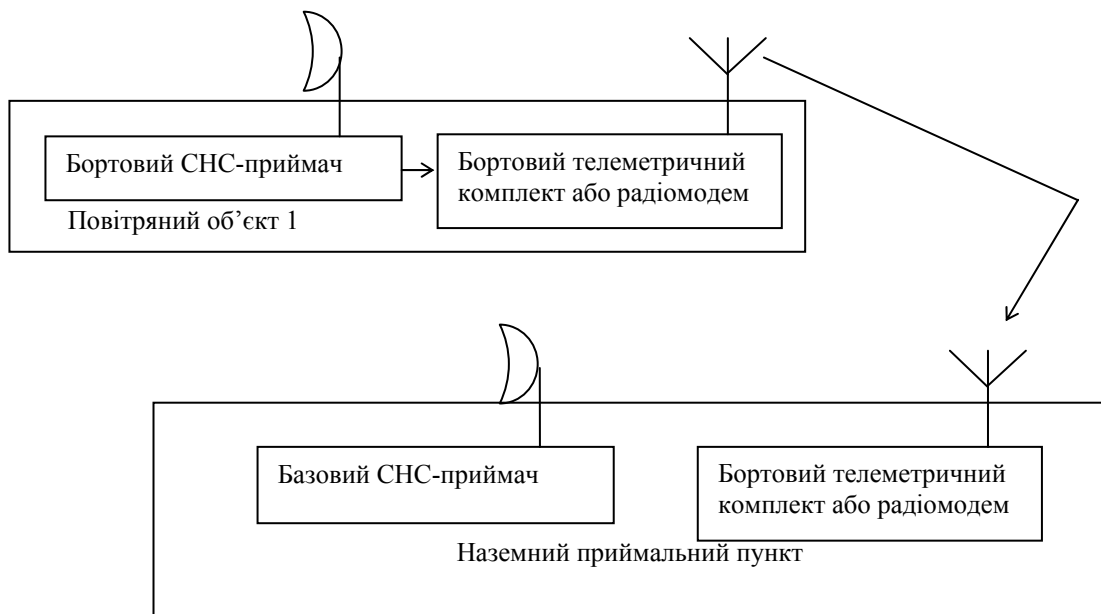


Рис. 2. Структура системи тракторних вимірювань на базі СНС-приймачів та ТМ апаратури

Для таких експериментів характерні додаткові вимоги стосовно мінімізації об'єму, ваги й енергоспоживання бортових комплектів. Точності визначення координат і частоти вимірювань такі ж, як у п.1.

3. При необхідності проведення високоточних вимірювань можливе використання прецизійної СНС-апаратури, яка основана на використанні широкозонних і локальних диференціальних систем при застосуванні фазових вимірювань. При установці на борту декількох таких систем можливо навіть визначення низки параметрів курсу літального апарату (крен, тангаж тощо).

Такою є СНС-апаратура нового класу Державного підприємства «Орізон-Навігація» на базі приймального модуля СН-4701 [3], розроблена на сучасній електронній елементній базі з урахуванням перспектив розвитку як існуючих супутникових навігаційних систем, так і тих, що розгортаються. Основні характеристики цього модуля:

24 універсальних канали СНС GPS / ГЛОНАСС / WAAS / EGNOS;

- прийом сигналів з можливістю вимірювання псевдодальності по фазі коду і фазі несучої;

- убудовані функції тестування і калібрування приймальних каналів;

- контроль цілісності сигналів СНС (RAIM);

- забезпечення роботи в диференціальному режимі – робота з локальними диференціальними системами з використанням додаткового приймального обладнання (для використання коригувальної інформації від контрольно-коригувальних станцій, одна з яких уже функціонує в м.Керч) і широкозонними диференціальними системами (без використання додаткового обладнання);

- точність визначення координат:

- по СНС GPS/ГЛОНАСС - 10-20 м;

- з використанням широкозонних

супутникових диференціальних систем – 3-5 м;

- з використанням локальних диференціальних систем (режим DGNSS) – 1-3 м;

- частота відновлення даних 1-10 Гц.

Звичайно, для визначення відповідності вимогам, що пред'являються, необхідно провести льотні випробування цієї апаратури на базі ДАНВЦ для оцінки області її придатності в якості складової системи ТВ.

Однак в основу створення системи ТВ ДАНВЦ необхідно покласти не розробку безпосередньо обладнання, а розробку програмно-алгоритмічного комплексу обробки вимірювань для різноманітних схем побудови системи.

Сучасний рівень розвитку GPS-обладнання дає змогу впроваджувати його на трьох основних рівнях [5]:

- на рівні продукції high end: високоточні GPS-приймачі з конкретним функціональним призначенням;

- на рівні SMART: готове GPS-обладнання (найчастіше приймач і антена в одному корпусі) з виходом на порти обміну даними типу RS-232 чи RS-422 для простої інтеграції в будь-який технологічний процес користувача, коли користувач не «затиснутий» рамками конкретного практичного застосування;

- на рівні OEM-продукції чи на рівні Засобів Розроблювача (Development Kit): друковані плати GPS-приймачів і аксесуари – користувач самостійно приймає рішення стосовно технічної побудови апаратури-програмного комплексу обладнання для конкретного практичного застосування.

Вартість обладнання залежить від його рівня і якості (кількості вимірювальних каналів, точності виміру первинних параметрів, споживаної потужності тощо). При впровадженні запропонованих схем доцільно використовувати комплексний підхід стосовно вибору складу обладнання за критерієм «ефективність-вартість», не обмежуючись яким-небудь

конкретним виробником. В даний час на Україні вже існує розгорнута мережа дилерів ведучих фірм – виробників GPS-обладнання: THALES Navigation, Trimble Navigation, NovAtel, Leica тощо, які пропонують широкий спектр обладнання всіх перерахованих рівнів.

Окремо доцільно зупинитися на можливому варіанті системи ТВ ДАНВЦ для контролю та аналізу рівня підготовленості видів Збройних Сил України до бойового застосування озброєння під час навчань і забезпечення безпеки їх проведення. Для цього необхідна система об'єктивного контролю, що забезпечувала б оперативне одержання всієї необхідної інформації. Тому, відповідно до вимог Указу Президента України № 124.2003 від 12.02.03 року “Про заходи безпеки під час проведення військових навчань”, необхідно з урахуванням сучасних технологій удосконалити систему об'єктивного контролю за діями військ під час проведення навчань з бойовими стрільбами та пусками ракет і розглянути питання виконання низки науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт з відновлення і розширення можливостей полігонного вимірювального комплексу ДАНВЦ.

З метою формування обліку системи ТВ, яка буде спроможною забезпечити об'єктивний контроль при бойових стрільбах, розглянемо спочатку основні вимоги до неї, які сформовані за результатами проведення військових навчань з бойовими стрільбами на базі ДАНВЦ у 1996-2001 роках:

- забезпечення вимірювань у будь-який час доби і року, у тому числі у складних метеорологічних умовах;

- здійснення траєкторних вимірювань на трасах великої довжини і широкому діапазоні висот;

- проведення надійних траєкторних вимірювань з похибками, що не перевищують 10 – 15 метрів, в першу чергу для вирішення задачі визначення промаху;

- необхідність стеження за декількома об'єктами одночасно.

Крім того, при проведенні бойових стрільб на сьогодні практично відсутня можливість обладнання ракет додатковою спеціальною апаратурою, такою як радіолокаційні відповідачі, телеметричні засоби тощо.

Висновки

Виходячи з даних вимог можна зробити висновок, що система ТВ повинна базуватися на багатоканальних, прецизійних радіолокаційних засобах з пасивним відбитком. Разом з тим, враховуючи, що вартість системи і строки її можливого створення повинні бути мінімальними, доцільно запропонувати вирішення даної задачі не шляхом створення нових, а шляхом модернізації вже існуючих радіолокаційних засобів. Найбільш повно зазначеним вимогам за своїми тактико-технічними характеристиками відповідає радіолокатор підсвічування і наведення (РПН) із фазованою антенною решіткою зі складу зенітно-ракетного комплексу С-300. РПН дає змогу вирішувати завдання автономного виявлення і супроводження до 6 цілей [7 - 9].

Для забезпечення надійного контролю і визначення параметрів траєкторій мішеней і ракет комплексів Військ Протиповітряної оборони, Військово-Повітряних Сил та протиповітряної оборони Сухопутних військ доцільно встановити один РПН на полігоні ЧАУДА і один – на полігоні МЕГАНОМ ДАНВЦ. Завдяки такій дислокації буде підвищена надійність об'єктивного контролю, максимізована площа контрольованої зони та забезпечені вимірювання координат повітряних об'єктів з похибками (СКП) 10 – 25 метрів залежно від дальності до об'єктів. Схема дислокації запропонованої системи ТВ наведена на рис. 3.

З огляду на мобільність ЗРК С-300, при необхідності, можлива передислокація РПН. Система зняття, обробки і передачі інформації від РПН ЗРК

C-300 може бути створена на базі радарних екстракторів Науково-виробничого підприємства «Аеротехніка» та сучасної електронно-обчислювальної техніки.

У випадку одночасної участі у стрільбах значної кількості повітряних об'єктів необхідне до оснащення кожного полігона ще одним РПН, тоді одна пара РПН буде стежити за ракетами, друга – за мішенями.

Таким чином, при застосуванні комплексу технічних засобів з двох – чотирьох РПН ЗРК С-300 та системи вимірювань на базі бортових приймачів і наземного комплексу СНС, ув'язаних між собою за допомогою додаткового обладнання (системи єдиного часу, апаратури передачі даних, обробки, відображення) можливо вирішити дві основні задачі, покладені на ТВК при забезпеченні бойових стрільб. Це забезпечення об'єктивного контролю робіт та визначення величини промаху ракети відносно мішені.

Створення запропонованої системи ТВ доцільно здійснити, як вже зазначалося, через низку науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт.

Література

1. Хижняк В.В. Структура, завдання та напрямки розвитку полігонних вимірювально-обчислювальних комплексів. //Наука і оборона, 1999. -№ 1, –С.59-63.

2. www.trimble.com, www.agp.ru/catalog/gps/, www.novatel.ca/products/

3. Інформаційно-рекламні матеріали Державного підприємства «Орізон-Навігація» (сайт www.ogizon-navigation.com)

4. Радіонавігаційний план України (проект). Посібник /Під загальною редакцією Кошового А.А. – Київ, видавництво “КВІЦ”, 2002. –77 с.

5. Грошев В.В., Кожин В.В. Приемники глобальных спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и НАВСТАР (GPS), представленные на российском рынке //Ежегодник ГИС-Ассоциации. – 2002. - № 4. – С.63-73.

6. Веремеенко К.К. Кошелев Б.В., Применение глобальной навигационной спутниковой системы GNSS и критерии оценки потребительских свойств авиационных СНС-приемников //Ежегодник ГИС-Ассоциации. – 1998. - № 4. – С.74-77.

7. Ганин С., Коровин В., Карпенко А., Ангельский Р. Ракетные комплексы ПВО страны //Авиация и космонавтика. – 2002. - № 12. – 48 с.

8. Безель Я. Современные системы и средства противовоздушной и тактической противоракетной обороны //Военный парад. - 1999. - №1(31). - С. 26-28.

9. Голубев Г., Жибинов В. НИИИП: Современные радиолокаторы обнаружения для ЗРС и ЗРК //Военный парад. - 1999. - №5(35). - С. 61-63.

Надійшла до редакції 17.10.03

Рецензент: д-р техн. наук, професор Деденок В.П., Харківський військовий університет, м. Харків

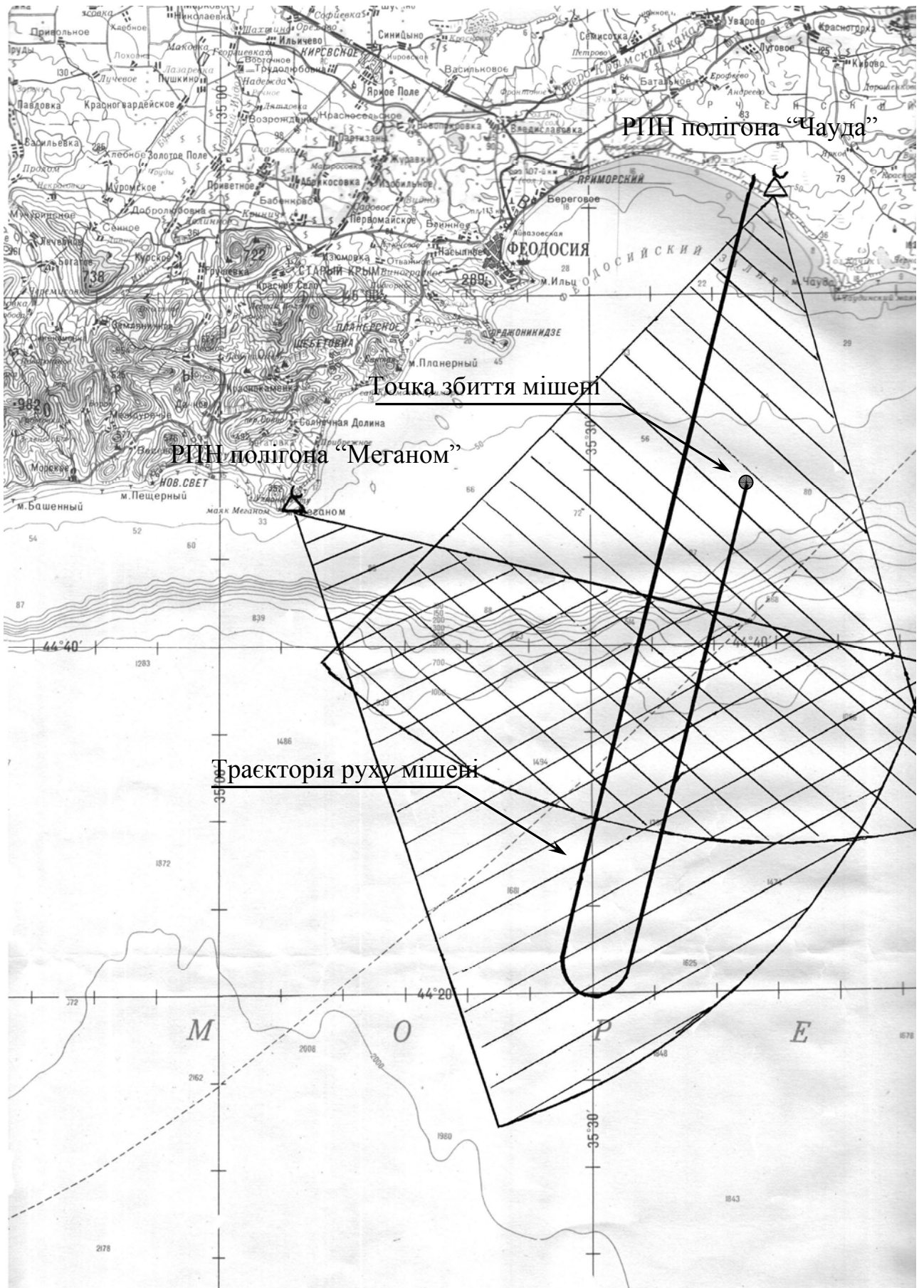


Рис.3. Схема дислокації запропонованої системи траекторних вимірювань на базі РПН ЗРК С-300