

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет радіоелектроніки
Факультет Комп'ютерних наук
Кафедра Програмної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

другий(магістерський)
(рівень вищої освіти)

Дослідження інформаційних технологій побудови емуляторів РСБН

Виконав:

Студент(ка) 2 курсу, групи ІПЗм-21-3

Бодін К.І

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 121 Інженерія програмного
забезпечення

Тип програми освітньо – наукова

Керівник Смеляков К. С
(посада, ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. Кафедри

3.В Дудар

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Комп'ютерних наук
Кафедра	Програмної інженерії
Рівень вищої освіти	другий(магістерський)
Спеціальність	121 – Інженерія програмного забезпечення
Тип програми	освітньо-наукова програма
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«__» _____ 202_р.

ЗАВДАННЯ

НА КВІЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студента _____ Бодіну Кирилу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Дослідження інформаційних технологій побудови емуляторів РСБН

затверджена наказом університету від «29» 03 2023р. №302Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії «__» _____ 202__р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Середовище розробки Microsoft Visual Studio, мова програмування

C#, пакет Gmap, Windows

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі мета роботи, аналіз предметної області, огляд технологій розробки, постановка задачі

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ /п	Найменування етапів курсового проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Видача завдань	03.04	
2	Ознайомлення з літературними джерелами, аналіз і вибір методу розв'язання поставленої задачі	04.04 – 10.04	
3	Розробка алгоритмів розв'язання, вибирання системних засобів вирішення завдань комплексного курсового проектування	11.04 – 25.04	
4	Проектування додатку	26.04 – 30.04	
5	Відладка і тестування додатка	01.05 – 03.05	
6	Оформлення пояснювальної записки	04.05 – 15.05	
7	Захист проекту	18.05	

Дата видачі завдання 03.04.2023 р.

Студент



(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

проф. Смеляков К. С

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Кваліфікаційна робота магістра містить: 78 стор., 22 рис., 10 джерел.

НАВИГАЦІЙНА СИСТЕМА, TACAN, БЛИЖНЯ НАВИГАЦІЯ, РАДІОМАЯК, GMAP.

Об'єктом дослідження є алгоритми розрахунку азимута, похилої дальності та візуалізації результатів на приладовій панелі радіолокаційної системи ближньої навігації. Порівняльний аналіз моделей різних систем візуалізації РСБН

Основною метою роботи, є підвищення ефективності радіолокаційної системи ближньої навігації та вивчення різних методів проектування комп'ютерних систем, здатних вирішувати завдання, які стоять перед ними в майбутньому.

Методи розробки базуються на таких технологіях, як C#, GMAP

В результаті роботи було досліджено задачі РСБН та проведено аналіз алгоритмів роботи РСБН. Було реалізована програма, яка візуалізує результати як на приладовій панелі радіолокаційної системи ближньої навігації

NAVIGATION SYSTEM, TACAN,, SHORT-RANGE NAVIGATION, BEACON, GMAP.

The object of study is the algorithms for calculating azimuth, oblique range and visualization of the results on the dashboard of a short-range navigation radar system. Comparative analysis of models of different SSBN visualization systems

The main purpose of the work is to improve the efficiency of the short-range navigation radar system and to study various methods of designing computer systems capable of solving the tasks they face in the future.

Development methods are based on such technologies as C#, GMAP.

As a result of the work, the tasks of the RSBN were investigated and the algorithms of the RSBN were analyzed. A program has been implemented that visualizes the results both on the dashboard of the short-range navigation radar system

Умови публікації пояснювальної записки

Я,

Бодін Кирило Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

студент(ка) групи ІПЗм-21-3 здобувач вищої освіти на другому
(магістерському) рівні

кафедра Програмної інженерії,

(повна назва кафедри)

заявляю: моя кваліфікаційна робота на тему,

Дослідження інформаційних технологій побудови емуляторів РСБН,

(назва роботи)

що буде представлена до ЕК для публічного захисту, виконана самостійно, в ній не містяться елементи плагіату і вона може бути опублікована в електронному архіві відкритого доступу EIArKhNURE. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Я ознайомлений (а) з діючим положенням «Про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування дисциплінарних заходів.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ.....	2
РЕФЕРАТ / ABSTRACT.....	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ.....	10
1.1 Огляд наукової і патентної літератури	11
1.2 Протиріччя відомих теоретичних або експериментальних результатів	14
2 МОДЕЛІ, МЕТОДИ, АЛГОРИТМИ	16
2.1 РСБН.....	17
2.2 Всеспрямований радіомаяк VOR.....	20
2.3 Тактична аеронавігаційна система (TACAN).....	22
3 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	31
Засоби розробки	31
3.1 Мова програмування.....	31
3.2 Бібліотека	33
3.3 Середовище розробки.....	34
3.4 Winforms	36
3.5 Microsoft Visual Studio	37
3.6 Windows 11.	39
4 ЕКСПЕРИМЕНТИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ	41
4.1 Програмна реалізація.....	41
4.2 Використання отриманих результатів у науковій і практичній діяльності.....	45
4.3 Економічна чи соціально-економічна користність роботи.....	46

ВИСНОВКИ	49
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ЗА НАУКОВИМИ НАПРЯМАМИ КЕРІВНИКА ТА НАУКОВЦІВ КАФЕДРИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ.....	51
ДОДАТОК А.....	53
ДОДАТОК Б	59
ДОДАТОК В.....	77

ВСТУП

Цивільна авіація в усьому світі, в тому числі і вітчизняна, все більше оснащується новими сучасними радіотехнічними системами і складними засобами, включаючи радіолокаційне, радіонавігаційне та комунікаційне обладнання, засноване на останніх досягненнях науки, техніки і технологій. Величезне збільшення щільності повітряного руху призводить до стрімкого зростання навантаження на служби. В цих умовах якість радіотехнічного обладнання, особливо радіонавігаційного, має значний, якщо не вирішальний, вплив як на управління повітряним рухом, так і на безпеку польотів.

Модернізація та апгрейд військових літаків підтримує вдосконалення та дооснащення існуючих літаків цифровими кабінами, озброєнням, місіями та оборонними системами. Це покращує функціональність, подовжує термін служби, забезпечує регулярне технічне обслуговування, модернізує системи авіоніки та усуває механічні проблеми.

Численні компанії вже надають інноваційну підтримку та послуги для сучасних бойових літаків, включаючи засоби радіоелектронної боротьби, оптики, зв'язку, ударні системи, радары управління вогнем, системи радіонавігації та ідентифікації, системи відображення інформації в кабіні пілота, системи кріплення на шоломі, авіоніку та електрогенерацію.

У зв'язку зі зростанням геополітичної напруженості національні керівні органи поповнюють існуючі парки військових літаків передовими системами і компонентами для збереження стратегічної переваги на сучасному полі бою. Це один з ключових факторів, що позитивно впливає на зростання ринку.

Поширення бойових літаків також збільшило попит на модернізацію та оновлення військової авіації, яка потребує оновлених механізмів захисту та обладнання, а також розширених можливостей ведення повітряного бою та спостереження.

Крім того, учасники ринку інтегрують передові системи навігації та відстеження, щоб підвищити ситуаційну обізнаність і зменшити навантаження на пілотів. Очікується, що це надасть виробникам вигідні можливості для розширення споживчої бази в найближчі роки.

Основною метою є створення єдиного інформаційно-комунікаційного середовища на основі використання новітніх інформаційно-комунікаційних технологій, протоколів обміну інформацією, комплексів, систем та засобів зв'язку спеціального призначення, що забезпечить обмін усіма видами інформації між органами влади та пунктами контролю (на всіх рівнях) з достатньою оперативністю, достовірністю та точністю.

У деяких наукових статтях різні радіолокаційні системи ближнього радіусу дії аналізуються окремо, без глибокого порівняння.

З вищесказаного можна зробити висновок, що вивчення даної кваліфікації є актуальним для сучасного світу. Також дана робота є дуже актуальною для роботи університету.

Результати вивчення даної кваліфікації можуть бути використані державою для вибору та впровадження навігаційних радіолокаційних систем малої дальності.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ

Аеронавігаційні системи ближнього радіусу дії, такі як TACAN, VOR і RDME, все ще актуальні в сучасній авіації, незважаючи на розвиток новітніх технологій, таких як GPS (Global Positioning System). Ці системи надають важливі резервні навігаційні можливості і часто використовуються як резервна альтернатива GPS.

Крім того, аеронавігаційні системи ближнього радіусу дії все ще широко використовуються у військовій авіації, а також у деяких менших аеропортах і літаках, які не мають доступу до більш досконалих систем GPS. Вони також широко використовуються в авіаційній підготовці для навчання пілотів основам навігації.

Крім того, деякі літаки не обладнані найсучаснішими навігаційними технологіями через вартість або інші фактори. Для таких літаків основним засобом навігації залишаються аеронавігаційні системи ближнього радіусу дії.

Загалом, незважаючи на те, що новітні технології розширили можливості навігації, аеронавігаційні системи ближнього радіусу дії залишаються важливою частиною авіації і продовжують відігравати вирішальну роль у забезпеченні безпечної і точної навігації для пілотів і операторів повітряних суден.

Аеронавігаційні системи ближнього радіусу дії, такі як TACAN, VOR і RDME, використовують радіосигнали для надання літакам інформації про місцезнаходження і напрямок руху. Ці системи широко використовуються протягом багатьох років і зазвичай вважаються надійними і точними. Однак вони можуть стикатися з певними проблемами, зокрема

Сигнальні перешкоди: Аеронавігаційні системи ближнього радіусу дії можуть зазнавати перешкод від інших джерел, таких як інші літаки або наземні

передавачі. Ці перешкоди можуть впливати на точність і надійність інформації, що надається системою.

Технічне обслуговування та утримання: Аеронавігаційні системи ближнього радіусу дії потребують регулярного технічного обслуговування і ремонту, щоб забезпечити їх належне функціонування. Якщо технічне обслуговування не проводиться регулярно, з часом системи можуть стати менш надійними.

Погодні умови: На роботу аеронавігаційних систем малого радіусу дії можуть впливати погодні умови, такі як сильний дощ або сніг. Це може вплинути на точність і надійність інформації, що надається системою, особливо якщо літак летить на малих висотах.

Загалом, аеронавігаційні системи ближнього радіусу дії вважаються надійними і точними. Однак вони можуть стикатися з певними проблемами, які можуть вплинути на їхню роботу. Важливо, щоб пілоти і оператори знали про ці проблеми і вживали відповідних заходів для забезпечення безпеки і надійності своїх навігаційних систем.

1.1 Огляд наукової і патентної літератури

Існує деяка кількість досліджень які стосуються кваліфікаційної роботи:

- 1). "TACAN: A Tactical Air Navigation System" Р. Г. Велея, в якій надається огляд системи TACAN та її можливостей.
- 2). "VOR/DME: The Workhorse of Air Navigation" Марка Колбера, в якій розглядається історія та функціональність VOR/DME.
- 3). "Integration of GPS with TACAN and VOR/DME for Improved Performance" Р. Ж. Майю (R. J. Mailloux), в якій досліджуються способи підвищення точності і надійності цих застарілих навігаційних систем.
- 4). "A Review of Short-Range Radio Navigation Systems" С. Бланта та К. Бейкера,

в якій подано огляд різних радіонавігаційних систем ближнього радіусу дії та їхніх можливостей. В іншому дослідженні, опублікованому в *Journal of Navigation*, порівнювалася точність LORAN і GPS. Дослідження показало, що GPS є більш точним, ніж LORAN, особливо в районах зі складним рельєфом.

5). "Розвиток навігаційної системи РСДН-20" В. А. Фокін, В. В. Морковін, С. А. Савенков. Ця стаття, опублікована в *Proceedings of the IEEE*, містить огляд розвитку системи RSDN-20, включаючи її проектування, експлуатацію та характеристики.

У дослідженні, опублікованому в *Journal of Navigation*, порівнювалася точність GPS і ЧАЙКА. Дослідження показало, що GPS є більш точним, ніж ЧАЙКА, особливо в районах з високим рівнем перешкод.

У дослідженні, опублікованому в *Journal of Air Transport Management*, розглядається використання VOR/DME в комерційній авіації. Дослідження показало, що VOR/DME все ще широко використовується для маршрутної навігації, але його використання зменшується.

У статті в *Journal of Navigation* обговорюється використання TACAN у військовій авіації. У статті підкреслюються переваги використання TACAN для точного заходження на посадку і посадки, а також для навігації "повітря-повітря" і "повітря-земля".

У статті, опублікованій в *Journal of Navigation*, обговорюється використання LORAN в авіаційній промисловості. У статті підкреслюються переваги використання LORAN для навігації літаків, особливо в районах з поганим покриттям GPS. "TACAN: Тактична аеронавігаційна система", Р. Г. Велей надає всебічний огляд TACAN, військової навігаційної системи. Підкреслюються переваги TACAN над іншими військовими навігаційними системами, такі як робота на території противника і надання зашифрованих даних. Велей також обговорює технічні деталі TACAN, в тому числі використання надвисокочастотного діапазону і те, як він працює. Загалом у статті робиться висновок, що, незважаючи на появу нових технологій, таких як GPS, TACAN

залишається важливим інструментом військової навігації і її унікальні можливості не можуть бути відтворені жодною іншою системою.

Книга Марка Колберта "VOR/DME: Робоча конячка повітряної навігації" Марка Колберта надає вичерпний вступ до навігаційних систем VOR/DME, які широко використовуються в цивільній авіації. У статті підкреслюється важливість VOR/DME у забезпеченні літаків точною і надійною навігаційною інформацією, особливо в районах, де сигнали GPS погіршені або недоступні. У статті також наводиться історія і технічні деталі VOR/DME, в тому числі використання УКХ-частот і принципи їхньої роботи. У статті робиться висновок, що, незважаючи на появу нових технологій, VOR/DME залишається важливим компонентом аеронавігаційних систем і буде використовуватися ще багато років.

У статті "Інтеграція GPS з TACAN і VOR/DME для підвищення ефективності" Р.Д. Маю досліджує, як застарілі навігаційні системи, такі як TACAN і VOR/DME, можуть бути інтегровані з технологією GPS для підвищення точності і надійності. Він досліджує, як застарілі навігаційні системи, такі як TACAN і VOR/DME, можуть бути інтегровані з технологією GPS для підвищення точності і надійності. У статті висвітлюються переваги поєднання GPS з цими навігаційними системами, зокрема підвищення точності, надійності та стійкості до перешкод і завад. Маю також обговорює технічні деталі процесу інтеграції, включаючи використання диференціальних методів і проблеми, що виникають при синхронізації декількох сигналів. У дослідженні робиться висновок, що інтеграція GPS з існуючими навігаційними системами має потенціал для значного поліпшення продуктивності цих систем і підвищення загальної безпеки та ефективності аеронавігації.

"Розвиток навігаційної системи РСДН-20" - це дослідницька робота, яка містить огляд конструкції, функціонування та ефективності радянської радіонавігаційної системи ближнього радіусу дії, також відомої як система РСДН-20. У роботі описано розвиток системи, включаючи технічні специфікації, конструктивні особливості та експлуатаційні характеристики.[1]

Загалом, підкреслюється передовий дизайн і технічні можливості системи РСДН-20. Система здатна надавати високоточну і надійну навігаційну інформацію як для військових, так і для цивільних цілей. Вона також спроектована для роботи на дуже низьких частотах, що дозволяє їй проходити крізь такі перешкоди, як будівлі і гори, і витримувати суворі умови навколишнього середовища, в тому числі криогенні температури.

У цьому документі описані проблеми та обмеження системи RSDN-20, включаючи її вузький діапазон і чутливість до перешкод від інших радіосигналів. Однак автори зазначають, що ці обмеження пом'якшуються завдяки використанню передових методів обробки і фільтрації сигналів.

На закінчення, "Розвиток навігаційної системи RDS-20" надає цінну інформацію про технічні можливості та обмеження системи RDS-20 і підкреслює її значення як важливої навігаційної технології, розробленої в колишньому Радянському Союзі. У документі також підкреслюється необхідність постійних інновацій і розвитку навігаційних систем для задоволення зростаючих потреб сучасних застосувань.

1.2 Протиріччя відомих теоретичних або експериментальних результатів

Критика статті, як правило, включає наступне:

Дезінформація Дезінформація: статті можна критикувати, якщо вони містять неправдиву інформацію або факти, не підтвержені надійними джерелами.

Упередженість: стаття також може бути піддана критиці, якщо вона упереджено спрямована проти певної точки зору або ідеології.

Брак глибини: Стаття може бути розкритикована, якщо вона є поверхневою і не забезпечує достатньої глибини в обговорюваній темі.

Погано структурована: Стаття може бути розкритикована, якщо вона погано структурована, що ускладнює розуміння аргументів читачами.

Розмір вибірки та упередженість відбору: Якщо розмір вибірки дослідження занадто малий або не є репрезентативним для більшої популяції, надійність і узагальнюваність результатів може бути поставлена під сумнів. Аналогічно, якщо критерії відбору учасників або джерела даних є упередженими або вузькими, результати можуть не відображати реальну популяцію або контекст.

Методологічні обмеження: У методології, що використовується в дослідженні або статті, можуть бути обмеження або недоліки, наприклад, відсутні дані або непослідовні методи вимірювання, які можуть вплинути на точність і достовірність результатів.

Недостатнє врахування зовнішніх факторів: Не враховані зовнішні фактори, такі як зміни погоди, повітряного руху або технологічний прогрес, які можуть вплинути на точність і застосовність результатів.

Фінансування: деякі дослідження/статті фінансуються організаціями або компаніями, які мають конфлікт інтересів у результатах, що призводить до занепокоєння щодо упередженості або конфлікту інтересів, які можуть вплинути на результати.

Наприклад, у статті R.J. Mayu "Integrating GPS with TACAN and VOR/DME to Improve Performance" обговорюються переваги інтеграції GPS з TACAN і VOR/DME, а в статті S. Blunt і C. Baker "A Review of Short Range Navigation Systems" обговорюються обмеження навігаційних систем короткого радіусу дії.[2]

2 МОДЕЛІ, МЕТОДИ, АЛГОРИТМИ

Радіотехнічна система ближньої навігації (РСБН) – системи навігаційного забезпечення польотів авіакомпаній. Система ближньої навігації та посадки (SRNL) є невід'ємною частиною системи навігації польотів і складається з наземного та авіаційного обладнання, що забезпечує вирішення наступних завдань навігації та посадки. Автоматичне і безперервне вимірювання та індикація азимута та дальності літального апарата відносно наземного радіомаяка системи РСБН;

- 1). Автоматично і безперервно виявляти відхилення від еквідистантної зони (азимута і глісади) в режимі посадки
- 2). Автоматично та безперервно автономно розраховувати значення напрямку та відстані до запрограмованого радіомаяка системи RSBN;
- 3). Автоматично і безперервно визначати заданий маршрут і відстань до будь-якої запрограмованої точки (Intermediate Point (IAP));
- 4). Автоматичне та безперервне виявлення відхилень від заданої висоти під час польоту на крейсерській висоті в режимі ПОВЕРНЕННЯ (на аеродром посадки);
- 5). Автоматичне та безперервне виявлення відхилень від заданої лінії траєкторії польоту під час виконання передпосадкових маневрів;
- 6). Автоматична і безперервна видача контрольних сигналів про відхилення від заданого курсу і висоти при активації режиму RE-ENTRY;
- 7). Видача інформації про азимут і глибину до орієнтирів типу RSBN та відображення координат літака на наземних дисплеях (всенаправлені дисплеї).

Системи ближньої навігації, такі як TACAN і VOR/DME, є важливими інструментами авіаційної безпеки, особливо коли візуальні правила польотів (VFR) не можуть бути використані через погану видимість, несприятливі погодні умови або низький рівень освітленості. Ці системи надають пілотам точну інформацію про їхнє місцезнаходження, що дозволяє їм безпечно та ефективно здійснювати

навігацію до місця призначення. Системи надають інформацію про місцезнаходження пілота, швидкість, висоту та інші важливі параметри польоту за допомогою радіосигналів. Вона працює шляхом передачі радіосигналів від наземної навігаційної системи і прийому їх через приймач в літаку.

TACAN в основному використовується на військових літаках, оскільки вона забезпечує більшу точність і дальність дії, ніж VOR/DME, і є більш стійкою до перешкод від інших радіосигналів. Він також може використовуватися для зв'язку "повітря-повітря" і "повітря-земля", що робить його поширеним інструментом у військових операціях.

VOR/DME, з іншого боку, є найпоширенішою у світі навігаційною системою ближнього радіусу дії, яка використовується як у військових, так і в цивільних літаках. Вона надає точну інформацію про відстань і курс і може використовуватися для навігації по маршруту, а також для точного заходження на посадку і посадки.

Інші системи ближньої навігації, такі як CHAYKA і LORAN, також були розроблені протягом багатьох років і використовуються в багатьох частинах світу.

Системи ближньої навігації є важливими інструментами для безпечного та ефективного повітряного транспорту, а їх подальший розвиток і вдосконалення відіграватимуть важливу роль у формуванні майбутнього повітряного транспорту.[3]

2.1 Радіотехнічна система ближньої навігації

РСБН використовуються для визначення азимутів і діапазонів схилення. Для цього використовуються як наземні, так і повітряні прилади. Вітчизняні наземні РСБН включають РСБН-4Н, а іноземні - VOR/DME і TACAN.

Дальність дії цих систем становить до 500 км. Інформація про дальність і курс використовується для визначення місцезнаходження літака. Для посадки та заходу на посадку використовується аеронавігаційна система.

До бортових систем RSBN відносяться RSBN-2SA, RSBN-Veyer, RSBN-A-312 Radical і A-331 RSBN-85. Системи KURS-MP70 і KURS-MP2, причому система KURS-MP70 також пов'язана з системами VOR/DME і TACAN.

Радіонавігаційні системи типу RSBN для ближньої навігації

Наземне обладнання RSBN включає радіомаяк напрямку і дальності з виносним всенаправленим індикатором (VIKO) і групу посадкових радіомаяків (LBG).

Азимутально-далекомірний радіомаяк складається з приймача-передавача далекоміра P-20Д, передавача опорного сигналу (серії "35" і "36") P-20А, передавача курсового сигналу P-200, контрольно-вимірювальної апаратури та радіостанції зв'язку.

Азимутно-далекомірний радіомаяк надає інформацію про курс і дальність польоту літака. Ця інформація може передаватися на різних несучих частотах (всенаправлені радіомаяки типу RSBN-2N, RSBN-4N і RSBN-6N), які випромінюють азимутальні сигнали безперервно, або на одній несучій частоті (радіомаяки типу POLE-N і UDARM), які випромінюють азимутальні сигнали в імпульсах.

Системи VIKO, які складаються з приймача і всенаправленого блоку візуалізації (AUV), можуть відстежувати погодні умови з землі в межах досяжності радіомаяка і відображати інформацію, отриману з каналу AUV, на дисплеї AUV. Канал наземної зйомки працює незалежно від основних каналів азимута і відстані системи.

Апаратура управління та координації (АУК) станції дистанційного керування (СДК) встановлює і контролює нуль азимута, безперервно контролює і автоматично регулює затримку відмітки дальності, а також вмикає резервний комплект апаратури за сигналом "погіршення параметрів" або "аварійна ситуація".

Основним обладнанням системи РНСБ є антенно-фідерна система (АФС), радіоприймач азимута і дальності (АРД), літаковий далекомір (ЛД), вимірювач азимута і дальності (ВДА), індикатори азимута і дальності та пульт управління.

Радіонавігаційні системи ближньої дії працюють в одному з двох основних режимів: "Навігація" і "Посадка" та "Індикатор погоди" у допоміжному режимі.

Принцип роботи системи РСБН з всенаправленими радіомаяками РСБН-2Н, РСБН-4Н та РСБН-6Н в режимі навігації полягає в наступному. У навігаційному режимі положення літака визначається полярною системою координат, в центрі якої розміщуються сигнали азимута і дальності.

Критерієм працездатності далекомірного пристрою є сигнал готовності при наявності сигналу відповіді на вході пристрою.[4]

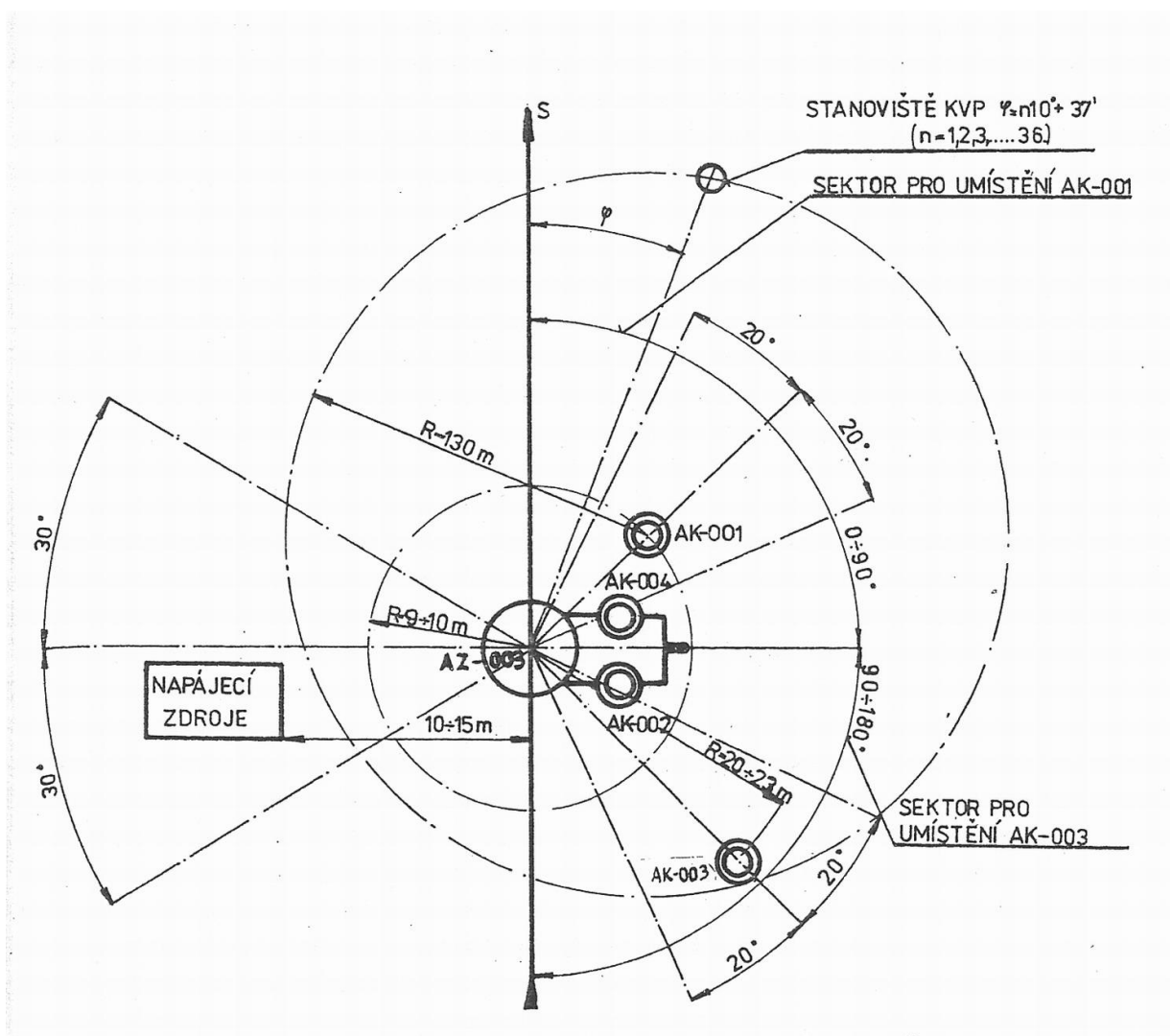


Рисунок 2.1- Приклад роботи системи РСБН. Джерело рисунка:

<https://studfile.net>

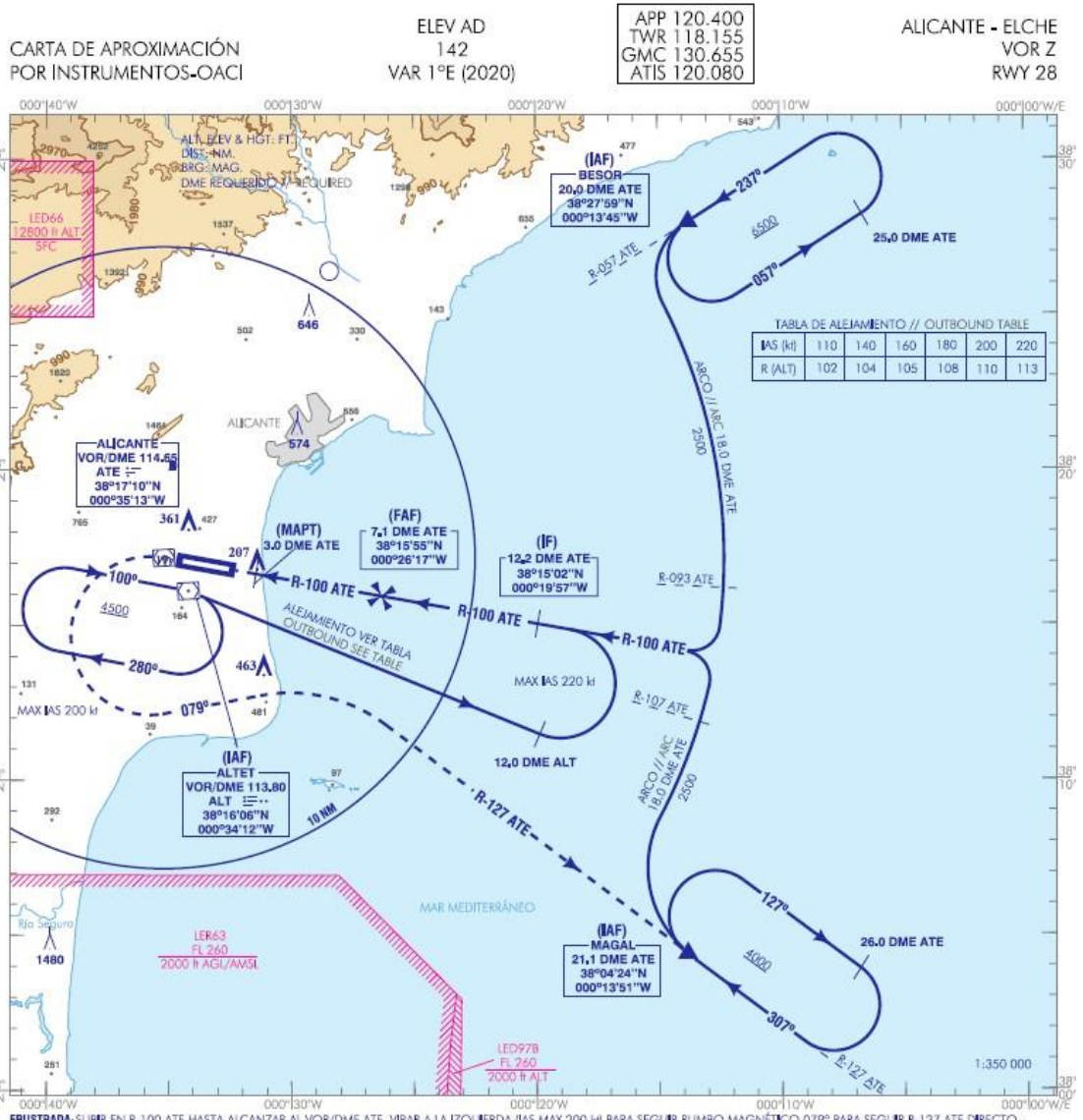
2.3 Всеспрямований радіомаяк VOR

УКХ всенаправлений радіомаяк (VOR) - це тип радіонавігаційної системи ближнього радіусу дії для повітряних суден, який дозволяє літаку з приймальним пристроєм знаходити себе і підтримувати свій курс, приймаючи радіосигнали, що передаються від мережі стаціонарних радіомаяків на землі. 108,00-117,95 МГц. Частоти в діапазоні дуже високих частот (VHF).

Механізм.

Наземні станції VOR передають високоспрямовані сигнали за допомогою фазованої антенної решітки, налаштованої на обертання по горизонталі за годинниковою стрілкою 30 разів на секунду. Крім того, на піднесучу передається опорний сигнал 30 Гц у фазі з направленою антеною, коли вона проходить магнітну північ. Цей опорний сигнал однаковий у всіх напрямках. Різниця фаз між опорним сигналом і амплітудою сигналу є азимутом від станції VOR до приймача відносно магнітної півночі. Ця лінія положення називається "радіусом" VOR; перетин радіусів від двох різних станцій VOR може бути використаний для визначення положення літака, як і в попередніх системах радіопеленгації (RDF).

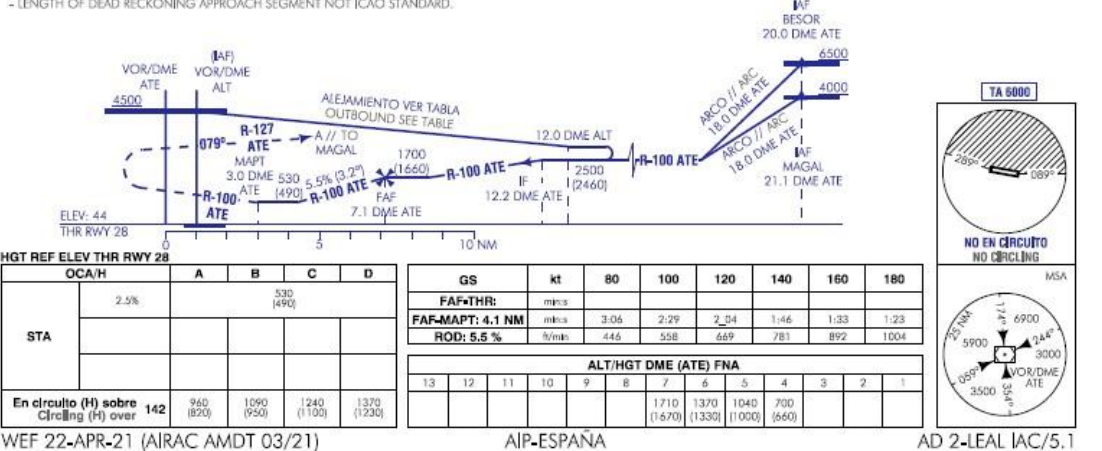
Станції VOR мають досить короткий радіус дії, лінійна відстань між передавачем і приймачем може становити до 200 миль. Кожна станція передає УКХ-радіосигнал, який включає навігаційний сигнал, ідентифікатор станції та аудіо (за наявності). Навігаційний сигнал дозволяє бортовому приймачу визначити напрямок від станції до літака (напрямок від станції VOR відносно магнітної півночі). Ідентифікатор станції зазвичай являє собою трилітерний рядок азбуки Морзе. Аудіосигнал зазвичай представлений записом, що містить назву станції, вказівки або пряму трансляцію від польотної служби. У деяких місцях цей аудіосигнал є безперервним записом трансляції Служби попередження про небезпечні погодні умови для польотів (HIWAS).[5]



FRUSTRADA: SUBIR EN R-100 ATE HASTA ALCANZAR AL VOR/DME ATE. VIRAR A LA IZQUIERDA (IAS MAX 200 kt) PARA SEGUIR RUMBO MAGNÉTICO 079° PARA SEGUIR R-127 ATE DIRECTO A MAGAL, SUBIENDO A 4000 PARA INTEGRARSE A LA ESPERA.

MISSED APCB: CLIMB ON R-100 ATE UP TO REACH VOR/DME ATE. TURN LEFT (MAX IAS 200 kt) TO FOLLOW MAGNETIC HEADING 079° TO FOLLOW R-127 ATE DIRECT TO MAGAL, CLIMBING TO 4000 TO JOIN THE HOLDING.

NOTE:
- LONGITUD DEL TRAMO DE APROXIMACIÓN A ESTIMA NO OACI
NOTE:
- LENGTH OF DEAD RECKONING APPROACH SEGMENT NOT ICAO STANDARD.



WFF 22-APR-21 (AIRAC AMDT 03/21) AIP-ESPAÑA AD 2-LEAL IAC/5.1

Рисунок 2.2-Приклад роботи системи VOR/DME. . Джерело рисунка:
<https://studfile.net>

2.4 Тактична аеронавігаційна система (TACAN)

Військовою версією системи VOR/DME є Тактична аеронавігаційна система (TACAN), яка забезпечує вищу точність, ніж VOR/DME. Ця військова навігаційна система також може використовуватися в цивільній авіації. Ця система використовує вертикальну поляризацію і тому не сумісна з VOR, але може бути встановлена поруч з VOR.

Система може бути встановлена поруч з VOR. Ця система відома як VORTAC. У цьому випадку антена системи TACAN встановлюється над антеною VOR. У цьому варіанті

(TACAN, DME, VOR) можуть використовувати як військові, так і цивільні літаки, але цивільні літаки можуть використовувати тільки сегмент VOR/DME, тільки для сегментів VOR/DME.

Насправді, TACAN є DME-модульованим.

Опорний сигнал просторово модулюється (за схемою обертання) для отримання просторово змінного сигналу VOR, що поширюється як кодовані імпульси. Найдосконаліші системи DME для вимірювання відстані включають телеметричні сигнали Moog Aircraft Group DME 2020

Ось деякі відомості про TACAN:

TACAN - це тип радіонавігаційної системи, що працює в діапазоні частот 960-1215 МГц.

TACAN була розроблена в 1950-х роках і спочатку використовувалася військовими США.

TACAN складається з двох компонентів: наземної станції та бортового приймача.

Наземна станція надсилає сигнал, який містить ідентифікатор станції, її місцезнаходження та іншу інформацію.

Бортовий приймач приймає сигнал і використовує інформацію для

розрахунку відстані та пеленгу літака від наземної станції.

Оскільки TACAN - це система прямої видимості, сигнал може бути отриманий лише тоді, коли літак знаходиться в межах досяжності наземної станції і має хорошу видимість.

TACAN може надавати таку інформацію, як відстань і курс до наземної станції, швидкість і напрямок руху.

Вона також може надавати вказівки літаку у вигляді магнітного компаса, спрямованого на наземну станцію.

TACAN є безпечною системою, оскільки використовує кодовані сигнали, які можуть бути розшифровані лише авторизованими приймачами.

TACAN в основному використовується військовими літаками, наприклад, для тактичної навігації під час повітряного бою і польотів на малій висоті.

TACAN визнана надійною і точною навігаційною системою, особливо в районах, де інші системи можуть зазнавати перешкод або завад.

Система використовує найсучасніші твердотільні елементи та апаратне відстеження. Форма і спектр сигналу контролюються швидким цифровим зворотним зв'язком, який утримує сигнал в прийнятних межах за різних умов експлуатації. Система відповідає вимогам Додатку 10 ІКАО та FAA-E-2996 і може працювати окремо або в поєднанні з іншими навігаційними засобами, такими як ILS, CVOR, DVOR і NDB. Він також має вбудовану систему моніторингу та обслуговування, результати якої відображаються на локальному комп'ютері, віддаленому комп'ютері або на обох комп'ютерах.

Інструмент "аналізу тенденцій", вбудований в систему моніторингу, дозволяє на ранніх стадіях виявляти потенційні несправності обладнання та оптимізувати роботи з ремонту і технічного обслуговування.

Наступним у переліку сучасного радіонавігаційного обладнання є радіомаяк TACAN 2010, що працює в режимі TACAN і призначений для використання повністю військово-повітряними силами НАТО і частково комерційними літаками.[10]

Стационарні та мобільні, в одинарній або подвійній конфігурації, з потужністю до 5 кВт. Вони також можуть бути інтегровані з радіомаяками VOR для забезпечення функціональності радіомаяка VORTAC.

Радіомаяк TACAN 2010 повністю відповідає вимогам НАТО STANAG 5034, MIL-SD-291C та Додатку 10 ІКАО до системи TACAN. Передавач працює в діапазоні частот від 962 МГц до 1213 МГц і має стабільність частоти 0,001%. Приймач працює в діапазоні частот від 1025 МГц до 1150 МГц. Чутливість приймача становить -94 дБ, а ефективний коефіцієнт відгуку - 70%. У режимі генерації сигналу для вимірювання відстані можна одночасно обслуговувати 200 літаків. Частота повторення випромінюваних імпульсів - 5400 пар на секунду.

Модернізація реалізує останні розробки, впроваджені в сигнальному пристрої DME2020. Це дозволило покращити окремі технічні характеристики, а також надійність дистанційного моніторингу технічного обслуговування для локального та дистанційного контролю критичних параметрів роботи. Наприклад, дистанційне програмування потужності передачі в діапазоні 0-5 кВт дозволило налаштувати покриття радіосигналу на дальність понад 300 миль. Тактична аеронавігаційна система третього покоління TACAN компанії Moog включає радіонавігаційну систему MM-7000 TACA, доступну в стаціонарній, мобільній і корабельній конфігураціях. Доступні одинарні та подвійні конфігурації з вихідною потужністю до 5 кВт.

Подвійна конфігурація забезпечує 100% резервування. Інтуїтивно зрозумілий користувальницький інтерфейс дозволяє здійснювати локальний і віддалений моніторинг і управління системою. Як керувати системою.

Системою можна керувати на відстані до 5 миль від маяка або з будь-якого місця за допомогою витої пари.

Бездротове з'єднання через модем. Бортова система документообігу працює за алгоритмом LRU (most recently used) і може видаляти інформацію, яка не запитувалася протягом тривалого часу, при заповненні виділеної пам'яті.[11]

Електроніка системи базується на технологіях останнього покоління

Технології останнього покоління: поверхневий монтаж, цифрова обробка сигналу, плавне регулювання потужності радіочастотного підсилення і т.д. Наприклад, вихідна пікова потужність передавача може бути запрограмована в наступному діапазоні

Від 400 Вт до 5000 Вт з кроком 1 Вт. Для обслуговування не потрібне додаткове випробувальне обладнання.

Основна відмінність між TACAN і VOR/DME полягає в тому, що TACAN надає інформацію про відстань, напрямок і ідентифікацію, тоді як VOR/DME надає тільки інформацію про відстань і напрямок. Крім того, TACAN працює на UHF-частотах, а VOR/DME - на VHF-частотах.

Принцип роботи TACAN полягає в тому, що наземна станція надсилає сигнал, який містить її місцезнаходження та ідентифікаційну інформацію. Цей сигнал приймається приймачем літака, який використовує цю інформацію для розрахунку відстані та напрямку до базової станції. TACAN також може надавати інформацію про швидкість і напрямок руху літака.

Перевага TACAN над іншими навігаційними системами полягає в її точності та надійності, особливо в районах, де інші системи можуть зазнавати перешкод або завад. TACAN також є безпечною системою, оскільки використовує кодовані сигнали, які можуть бути декодовані лише авторизованими приймачами.

TACAN в основному використовується військовими літаками для тактичної навігації, наприклад, під час повітряних боїв і польотів на малих висотах. Проте в деяких випадках вона також використовується для цивільної навігації, наприклад, пошуково-рятувальними літаками.

Радянська система ближньої навігації - радіонавігаційна система, що використовувалася в Радянському Союзі та інших країнах Східного блоку. Вона була схожа на TACAN у наданні інформації про відстань, курс та ідентифікацію, але працювала на інших частотах і використовувала інші схеми модуляції. Система використовувалася переважно у військових цілях і була несумісна із західними навігаційними системами.

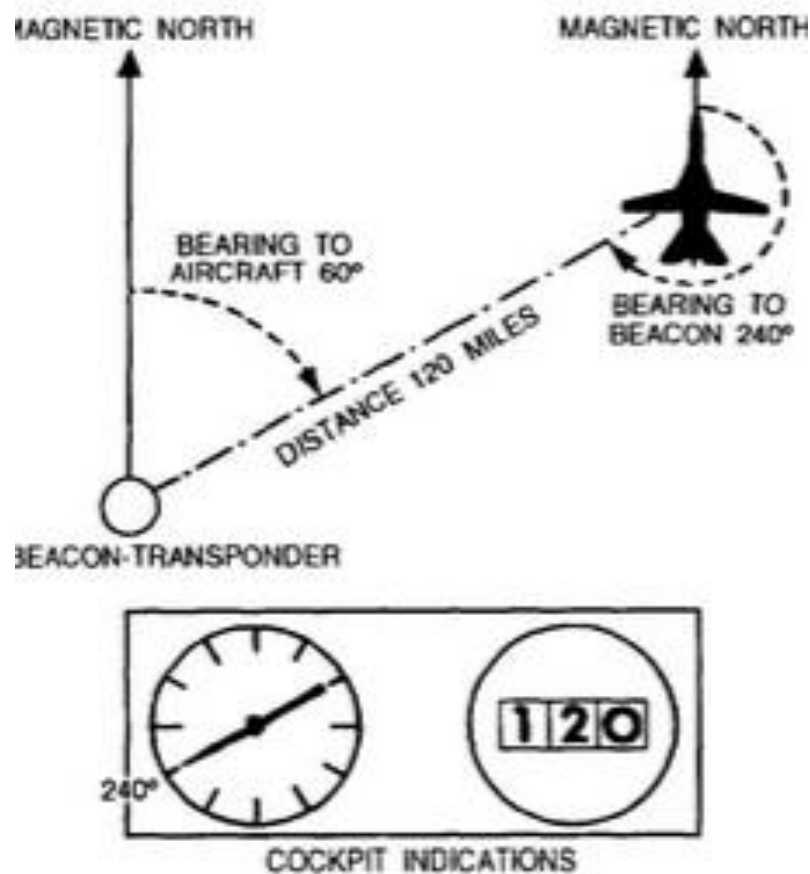


Рисунок 2.3-Приклад роботи системи TACAN. . Джерело рисунка:

<https://studfile.net>

Теоретично TACAN має забезпечувати 9-кратне збільшення порівняно з точністю VOR/DME, але практика показала лише приблизно 3-кратне поліпшення (тобто $1/3$ градуса і 926 м ($\pm 0,5$ милі) або 3 % від похилої дальності, залежно від того, що більше. Дальність дії до 390 морських миль на висотах до 30 км (гарантована - 200 миль/370 км). Спочатку для забезпечення такої дальності була потрібна потужність до 10 кВт, проте вдосконалення техніки (застосування вузькоспрямованих антен, підвищення чутливості та завадозахищеності апаратури, автоматичне регулювання рівня сигналу) дало змогу знизити вагу передавачів із приблизно 360 кг до 45 кг і споживану потужність до 400 Вт. Наразі комплект обладнання розміщується на 2-х тонному причепі і монтується силами двох осіб за годину. Станції можуть бути розміщені на причепі, на будівлі, на кораблях і навіть на літальних апаратах, реалізуючи режим "A/A" (air-to-air). Це дає змогу швидко розгортати ближню навігацію в будь-якому оперативному районі.[12]

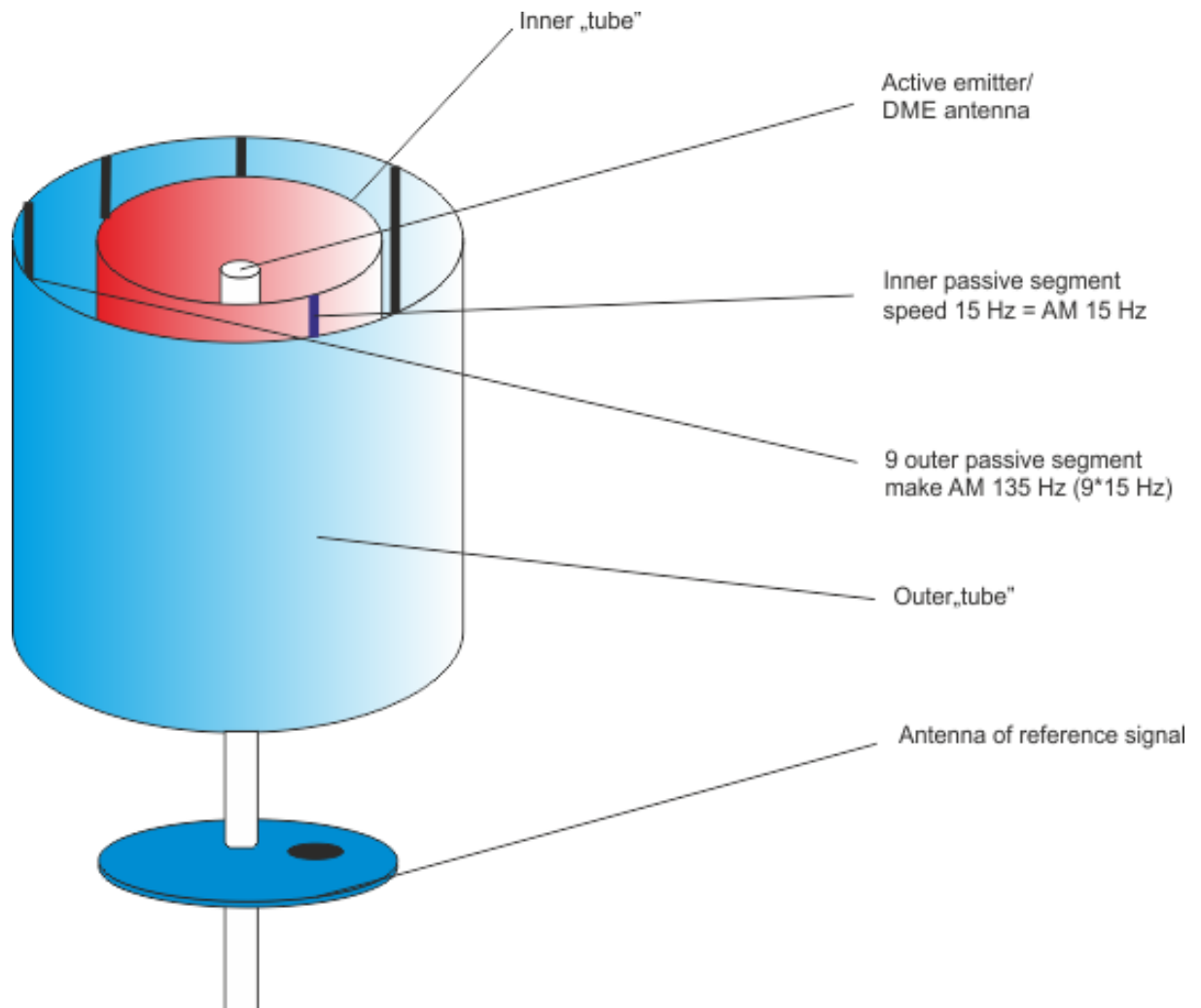


Рисунок 2.4-Склад маяка системи TACAN. . Джерело рисунка:

<https://studfile.net>

Э ще інші системи ближньої навігації як ЧАЙКА та LORAN
ЧАЙКА

Російська радіонавігаційна система, що працювала в діапазоні частот 16-28 МГц. Вона в основному використовувалася для навігації радянським військово-морським флотом, але також використовувалася цивільними літаками і кораблями.

ЧАЙКА працює шляхом передачі серії сигналів від декількох наземних станцій, які приймаються транспортним засобом або людиною. Приймач обчислює позицію, порівнюючи час надходження сигналів.

LORAN (LONg RANge Navigation)

Радіонавігаційна система, розроблена США під час Другої світової війни, що працює в діапазоні частот 90-110 кГц і передає сигнали від декількох наземних станцій, подібно до системи "Чайка". LORAN використовує різницю в часі між приходом двох сигналів.

LORAN являв собою гіперболічну радіонавігаційну систему, яка давала змогу приймачу визначати своє місцезнаходження шляхом пеленгації низькочастотних радіосигналів, переданих стаціонарними наземними радіомаяками. LORAN об'єднав два різні методи, щоб забезпечити сигнал, який був одночасно далеким і дуже точним, властивості, які раніше були в протиріччі. Недоліком була необхідність використовувати дороге і важке приймальне обладнання, необхідне для інтерпретації сигналів, тому Loran-C після його впровадження в 1957 році використовували переважно військові.

Майбутнє бачення навігаційних радіолокаційних систем малого радіусу дії

Радіолокаційні системи ближньої навігації використовуються вже десятки років і відіграють важливу роль у різних сферах застосування, включаючи повітряну і морську навігацію, наземний транспорт і персональну навігацію.

Ці системи, як правило, працюють в радіочастотному діапазоні і використовують різні методи для оцінки положення приймача, включаючи час польоту, кут прибуття і рівень сигналу.

Майбутнє радіонавігаційних систем ближнього радіусу дії виглядає багатообіцяючим завдяки технологічному прогресу і зростаючому попиту на точні і надійні навігаційні системи. Деякі з тенденцій, які можуть вплинути на майбутнє цих систем, включають

Підвищення точності:

Зростає попит на навігаційні системи з високою точністю і надійністю, які можуть працювати в складних і динамічних умовах. Щоб задовольнити цей попит, радіолокаційні навігаційні системи ближнього радіусу дії можуть включати нові технології, такі як машинне навчання і штучний інтелект, для підвищення точності і надійності.[13]

Інтеграція з іншими технологіями:

Радіолокаційні системи ближньої навігації, ймовірно, будуть інтегровані з іншими технологіями, такими як датчики, камери і LiDAR, щоб забезпечити більш комплексні і надійні навігаційні рішення. Така інтеграція допоможе подолати обмеження бездротової навігації, такі як загасання сигналу і багатопроблемні перешкоди.

Використання більш високих частот:

радіонавігаційні системи малого радіусу дії можуть використовувати більш високі частотні діапазони, такі як міліметрові хвилі і субТГц, щоб підвищити точність і зменшити перешкоди.

Ці частоти мають вищу пропускну здатність і забезпечують зображення з вищою роздільною здатністю, що дозволяє більш точну навігацію.

Впровадження нових стандартів Розробка нових стандартів, таких як IEEE 802.11ay, що працює в міліметровому діапазоні хвиль, сприятиме впровадженню бездротових навігаційних систем короткого радіусу дії. Ці стандарти допоможуть забезпечити інтероперабельність, сумісність і надійність, що полегшить виробникам розробку і просування навігаційних систем на ринок.

З іншого боку, майбутнє бездротових навігаційних систем малого радіусу дії може бути невизначеним, оскільки воно залежить від постійного розвитку і впровадження нових технологій і систем. Проте, існує ряд тенденцій і прогнозів, які можуть вплинути на майбутнє цих систем

Продовження використання існуючих систем: Незважаючи на зростаюче домінування GPS та інших супутникових систем, радіонавігаційні системи, такі як VOR/DME і TACAN, все ще широко використовуються в авіації, особливо у військових цілях. Цілком ймовірно, що ці системи продовжуватимуть використовуватися в осяжному майбутньому, хоча і в більш обмеженому обсязі.

Інтеграція з супутниковими системами Зусилля з інтеграції радіосистем з GPS та іншими супутниковими системами можуть зрости, щоб підвищити точність і надійність навігації на малих відстанях. Можуть використовуватися гібридні

системи, що поєднують переваги обох технологій, наприклад, GPS для навігації і VOR/DME для заходження на посадку і посадки.

Розробка нових технологій: Дослідження і розробка нових радіонавігаційних технологій можуть тривати, наприклад, вдосконалених версій VOR/DME і нових систем, заснованих на різних радіочастотах. Ці технології мають потенціал для підвищення точності і надійності, а також для підвищення стійкості до перешкод і завад.

Загалом, майбутнє навігаційних радіосистем ближнього радіусу дії, ймовірно, буде пов'язане з поєднанням існуючих і нових технологій та їх інтеграцією з супутниковими системами. Точний напрямок і темпи цього розвитку залежатимуть від низки факторів, в тому числі від технологічного прогресу, регуляторних вимог і галузевого попиту.[14]

3 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

При реалізації проекту, була використана мова програмування C#, .Net, WinForms, Gmap.Net, Windows 11. Проект написаний у Microsoft Visual Studio.
Засоби розробки

3.1 Мова програмування

C# (C# Sharp) - новітня об'єктно-орієнтована мова програмування, розроблена компанією Microsoft як частина фреймворку .NET, вперше випущена в 2002 році як наступник C++, що поєднує елементи C++ з можливостями інших мов, таких як Java та Visual Basic. Вона поєднує в собі

C# розроблена як універсальна мова, яку можна використовувати для широкого спектру додатків, включаючи веб-розробку, розробку ігор та десктопних додатків. Вона особливо підходить для створення Windows-додатків і забезпечує тісну інтеграцію з фреймворком .NET, дозволяючи розробникам створювати багаті графічні інтерфейси користувача.

Однією з найважливіших особливостей C# є потужна авторська система, яка допомагає забезпечити надійність коду та усунути типові помилки програмування. Вона також підтримує багато парадигм програмування, включаючи процедурне, об'єктно-орієнтоване та функціональне програмування.

C# стала популярною мовою програмування, особливо серед розробників Microsoft. Вона широко використовується у розробці корпоративного програмного забезпечення, а також широко застосовується для створення десктопних додатків та ігор для Windows. Її популярність також призвела до розвитку великої екосистеми інструментів та бібліотек, які дозволяють розробникам легко створювати складні додатки, використовуючи C#. Переваги C#

Легкість у вивченні: C# - це мова програмування високого рівня, і її відносно легко вивчити, особливо якщо у вас є досвід роботи з такими мовами програмування, як C++ або Java.

Об'єктно-орієнтована: C# є об'єктно-орієнтованою мовою програмування. Це означає, що вона призначена для моделювання об'єктів і концепцій реального світу, що дозволяє легко писати складні додатки.

Кросплатформеність: C# дозволяє розробляти додатки на різних платформах, включаючи Windows, Linux і macOS.

Керування пам'яттю: C# має функцію автоматичного керування пам'яттю, коли збирач сміття автоматично звільняє пам'ять, яка більше не потрібна програмі, зменшуючи ризик витоку пам'яті.

Велика спільнота розробників: C# має велику та активну спільноту розробників, які створюють бібліотеки та фреймворки, що полегшує розробникам отримання допомоги та підтримки.

Недоліки C#.

Обмежена середовищем .NET: Оскільки C# переважно використовується в середовищі .NET і тісно інтегрована з ним, вона може не бути ідеальною для розробки додатків за межами цієї екосистеми.

Обмеження продуктивності: Як інтерпретована мова, C# може бути не такою швидкою, як скомпільовані мови, такі як C++ або Fortran, але цей розрив у продуктивності з часом зменшився завдяки вдосконаленню компіляції just-in-time (JIT).

Обмежена підтримка низькорівневого програмування C# є мовою програмування високого рівня і може не забезпечувати такий же рівень контролю, як низькорівневі мови, такі як C або мова асемблера (що може бути необхідним для певних типів додатків).

Загалом, C# є потужною та універсальною мовою програмування і особливо добре підходить для розробки широкого спектру додатків, що працюють у середовищах Windows та .NET.

3.2 Бібліотека

GMap.NET - це потужна крос-платформна картографічна бібліотека, яка дозволяє легко інтегрувати різні картографічні сервіси, такі як Google Maps, Bing Maps та OpenStreetMap, у додатки на C#. Вона пропонує багатий набір функцій, включаючи підтримку різних типів карт, накладання маркерів і полігонів, маршрутизацію та геокодування. Бібліотека також добре налаштовується, що дозволяє розробникам пристосовувати карти до своїх конкретних потреб.

GMap.NET побудована на основі фреймворку .NET і доступна як пакет NuGet, що дозволяє легко додавати її до проектів .NET. Він також підтримує додатки Windows Forms, WPF і Silverlight.

Основні можливості GMap.NET наступні.

GMap.NET підтримує такі постачальники карт, як Google Maps, Bing Maps і OpenStreetMap; підтримує такі типи карт, як супутникові, рельєфні і гібридні карти; і може додавати до карт такі фігури, як маркери і полігони. Можливості.

Користувацькі маркери Розробники можуть легко додавати власні маркери на мапи та налаштовувати їхній вигляд.

GMap.NET включає набір інструментів і функцій, які допомагають розробникам працювати з картами і геолокаційними даними. Він підтримує геокодування (перетворення адрес в координати широти і довготи), маршрутизацію (пошук найкоротшого маршруту між двома точками) і зворотне геокодування (перетворення координат в адреси).

Маршрутизація та геокодування GMap.NET підтримує маршрутизацію та геокодування, що полегшує створення маршрутів та пошук місцезнаходжень на карті.

Кешування тайлів: GMap.NET має функцію кешування тайлів для прискорення промальовування карти та зменшення кількості запитів до сервера постачальника карт.

Підтримка багатопотоковості: GMap.NET підтримує багатопотоковість, що забезпечує більш плавне створення карт і кращу продуктивність.

Однією з головних переваг GMap.NET є простота використання. Він надає простий та інтуїтивно зрозумілий API, який дозволяє розробникам швидко і легко додавати картографічну функціональність до своїх додатків. Він також містить багато прикладів і документації, які допоможуть розробникам розпочати роботу.

GMap.NET також дуже добре налаштовується. Розробники можуть налаштовувати зовнішній вигляд карт і маркерів, а також додавати власні накладення і шари на карти. Він також підтримує ряд подій, які дозволяють розробникам реагувати на взаємодію користувача з картою.

Загалом, GMap.NET - це потужна і гнучка картографічна бібліотека, яку можна використовувати для додавання інтерактивних карт до додатків на C#. GMap.NET є безкоштовною і має відкритий вихідний код, а також активну спільноту розробників, яка робить свій внесок у її постійний розвиток і підтримку.

На додаток до картографічної функціональності, GMap.NET підтримує різні системи координат і картографічні проекції. Це дає можливість працювати з картами і геолокаційними даними з різних куточків світу і створювати карти з різними проекціями і масштабами.

3.3 Середовище розробки

.NET - це середовище розробки програмного забезпечення, розроблене корпорацією Майкрософт, яке надає платформу для створення, розгортання та запуску різних типів додатків, включаючи веб, десктопні, мобільні, ігрові та IoT додатки.

.NET надає ряд мов програмування, таких як C#, F# та Visual Basic .NET, включаючи середовище виконання Common Language Runtime (CLR), яке керує виконанням коду та надає такі функції, як управління пам'яттю, безпека та обробка виключень.

NET framework також включає велику бібліотеку класів, яка надає набір компонентів багаторазового використання, що можуть бути використані в різних додатках, включаючи колекції, введення/виведення, з'єднання з базами даних та компоненти користувацького інтерфейсу.

NET підтримує багато платформ, включаючи Windows, Linux та macOS, що дозволяє розробникам створювати крос-платформні додатки, які працюють на різних операційних системах. Вона також включає інструменти та фреймворки для розробки веб-додатків, таких як ASP.NET Core, та мобільних додатків, таких як Xamarin.

Окрім традиційної розробки додатків, .NET також підтримує нові технології, такі як штучний інтелект і машинне навчання за допомогою фреймворків, таких як ML.NET, і розробку блокчейнів за допомогою фреймворків, таких як Stratis. Однією з найбільших переваг .NET є те, що вона підтримує багато мов програмування, включаючи C#, Visual Basic, F# та C++. Це дозволяє розробникам використовувати мову, з якою вони найбільш знайомі, використовуючи при цьому всі функції та можливості фреймворку .NET.

Фреймворк .NET включає декілька бібліотек та API, зокрема Windows Forms, ASP.NET, WPF та Xamarin. Ці бібліотеки надають широкий спектр функціональних можливостей для проектування користувацького інтерфейсу, розробки веб-додатків, обробки графіки та крос-платформної розробки мобільних додатків.

NET також включає набір інструментів, які допомагають розробникам створювати, налагоджувати та розгортати додатки, такі як Visual Studio та Visual Studio Code. Visual Studio - це редактор коду, налагоджувач та інструмент управління проектами. Visual Studio Code - це легке, крос-платформне середовище розробки, яке пропонує багато з тих самих функцій, що й Visual Studio.

Окрім традиційної розробки додатків, .NET також підтримує нові технології, такі як штучний інтелект і машинне навчання за допомогою фреймворків, таких як ML.NET, і розробку блокчейнів за допомогою фреймворків, таких як Stratis.

Загалом, .NET є потужною та універсальною платформою для створення широкого спектру додатків і широко використовується у розробці корпоративного програмного забезпечення та веб-розробці.

3.4 Winforms

WinForms (Windows Forms) - це фреймворк графічного інтерфейсу користувача (GUI) для створення настільних додатків від Microsoft. Вона дозволяє користувачам створювати додатки за допомогою перетягування, до яких можна додавати елементи керування, такі як кнопки, текстові поля та меню, для створення інтерактивних користувацьких інтерфейсів.

WinForms базується на моделі форм, де кожна форма є вікном або діалоговим вікном, що містить елементи керування та інші візуальні елементи. Розробники можуть налаштовувати зовнішній вигляд і поведінку кожної форми та елемента керування, встановлюючи властивості та додаючи обробники подій.

WinForms також забезпечує підтримку сторонніх елементів керування та компонентів, які можна додати до програми для розширення її функціональності. Багато постачальників пропонують широкий вибір елементів керування та компонентів WinForms, які можна легко інтегрувати в програми.

Однією з переваг використання WinForms є його сумісність зі старими версіями Windows, включаючи Windows 7 і більш ранні, які все ще широко використовуються багатьма організаціями. WinForms також має велику спільноту розробників і користувачів, а це означає, що доступна велика кількість підтримки та ресурсів.

WinForms надає набір готових до використання елементів керування та класів, які можна використовувати для швидкої розробки настільних додатків, а також підтримує прив'язку даних, перевірку та локалізацію. Він також включає такі функції, як автоматичне масштабування для різних роздільних здатностей екрану та підтримка сенсорного введення.

Розробники можуть створювати додатки WinForms, використовуючи різні мови програмування, такі як C#, VB.NET і C++.NET, а також Visual Studio, інтегроване середовище розробки (IDE) для проектування, кодування і налагодження додатків.

WinForms широко використовується для створення бізнес-додатків, таких як системи введення даних, управління запасами та управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM), а також настільних додатків, таких як медіаплеєри, ігри та освітнє програмне забезпечення.

Таким чином, WinForms є зрілим і стабільним фреймворком для розробки настільних додатків .NET. Хоча він не пропонує гнучкості або найсучасніших функцій новіших фреймворків, він залишається популярним вибором для розробників, яким потрібно створювати десктопні додатки для Windows з традиційним інтерфейсом і зворотною сумісністю зі старими операційними системами.

3.5 Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio - це інтегроване середовище розробки (IDE), створене компанією Microsoft. Воно використовується для розробки різноманітних додатків, включаючи десктопні додатки, веб-додатки, мобільні додатки та ігри. Visual Studio надає набір інструментів для кодування, налагодження, тестування та розгортання додатків.

Переваги.

Багатий набір функцій та інструментів Visual Studio надає розробникам широкий набір функцій та інструментів для створення, налагодження, тестування та розгортання додатків. Ці інструменти включають редактор коду, засоби налагодження, фреймворк для тестування та засоби розгортання.

Багатомовність та підтримка різних платформ Visual Studio підтримує різні мови програмування, такі як C#, Visual Basic .NET, C++ та F#, і дозволяє створювати додатки на різних платформах, включаючи Windows, веб-, мобільні та хмарні. Надає шаблони та інструменти для створення додатків на різних платформах, включаючи Windows, веб-, мобільні та хмарні.

Інтеграція з іншими технологіями Microsoft: Visual Studio легко інтегрується з іншими технологіями Microsoft, такими як Azure, Office і SharePoint, що дозволяє розробникам створювати потужні додатки з використанням цих технологій. Розробники можуть використовувати ці технології для створення потужних додатків.

Широка спільнота та екосистема: Visual Studio має велику та активну спільноту розробників та сторонніх постачальників розширень, які надають розробникам доступ до великої кількості ресурсів, підтримки та доповнень, що розширюють можливості IDE.

Постійні оновлення та вдосконалення: Microsoft регулярно випускає оновлення та вдосконалення для Visual Studio, гарантуючи, що IDE йде в ногу з новітніми технологіями та тенденціями у розробці програмного забезпечення.

Недоліки

Складність у вивченні Хоча Visual Studio є потужним середовищем розробки з великою кількістю функцій та інструментів, новим розробникам може бути дуже складно його вивчити та освоїти. Це може призвести до стрімкої кривої навчання і вимагати значних інвестицій у навчання та ресурси.

Ресурсоємність: Visual Studio вимагає великої кількості системних ресурсів, таких як пам'ять та обчислювальна потужність, що може призвести до низької продуктивності на старих або менш потужних комп'ютерах.

Пропріетарне програмне забезпечення: Visual Studio є пропріетарним програмним забезпеченням, і розробники залежать від Microsoft щодо оновлень.

3.6 Windows 11.

Windows - це сімейство операційних систем, розроблених компанією Microsoft. Це найпоширеніша операційна система для персональних комп'ютерів, якою користуються мільйони користувачів у всьому світі. Вперше Windows було представлено у 1985 році, і з того часу вона зазнала кількох значних оновлень та ітерацій, останньою версією є Windows 11.

Windows відома своїм зручним інтерфейсом та широкою сумісністю програмного забезпечення. Вона має графічний інтерфейс користувача (GUI), який дозволяє користувачам переміщатися по системі за допомогою миші, клавіатури і сенсорної панелі. Windows підтримує широкий спектр додатків, включаючи програмне забезпечення для підвищення продуктивності, мультимедійне програмне забезпечення та ігри.

Деякі з ключових можливостей Windows

Керування файлами: Windows має файловий менеджер під назвою Провідник, який дозволяє користувачам переглядати та керувати файлами і папками на своєму комп'ютері.

Безпека: Windows має вбудовані засоби безпеки, такі як антивірусне програмне забезпечення Windows Defender та брандмауер.

Сумісність із пристроями: Windows розроблена для роботи на широкому спектрі пристроїв, включаючи настільні комп'ютери, ноутбуки, планшети та смартфони.

Багатозадачність: Windows підтримує багатозадачність, дозволяючи користувачам запускати кілька програм одночасно та легко переключатися між ними.

Персоналізація: Windows дозволяє користувачам налаштовувати фон робочого столу, колірну схему та інші параметри за власним бажанням.

Оновлення: Windows регулярно оновлюється новими функціями та виправленнями безпеки, щоб підтримувати її актуальність та безпеку.

Windows 11 - остання версія операційної системи Windows, випущена корпорацією Майкрософт у жовтні 2021 року, є наступницею Windows 10 і покликана надати користувачам більш сучасний та спрощений досвід роботи з багатьма новими функціями та покращеннями порівняно з попередньою версією, зокрема новим меню "Пуск", новою панеллю завдань та покращеними можливостями багатозадачності.

Загалом Windows - це універсальна і широко використовувана операційна система, яка пропонує користувачам зручний інтерфейс, широку сумісність програмного забезпечення та широкий спектр можливостей і функцій.

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

4.1 Програмна реалізація

Розробити комплексну програму яка емулює роботу системи TACAN, включаючи взаємодію з маяками.

Програма складається за таких частин:

1. карта,
2. маяк,
3. літак,

Додаток карта – основний комунікаційний додаток, необхідно щоб задавати положення маяків та літаків на карті.

Програма маяк моделює роботу маяка, генерує сигнали.

Програма літак моделює роботу літака. Літак приймає сигнали маяка, обчислює дальність та азимут.

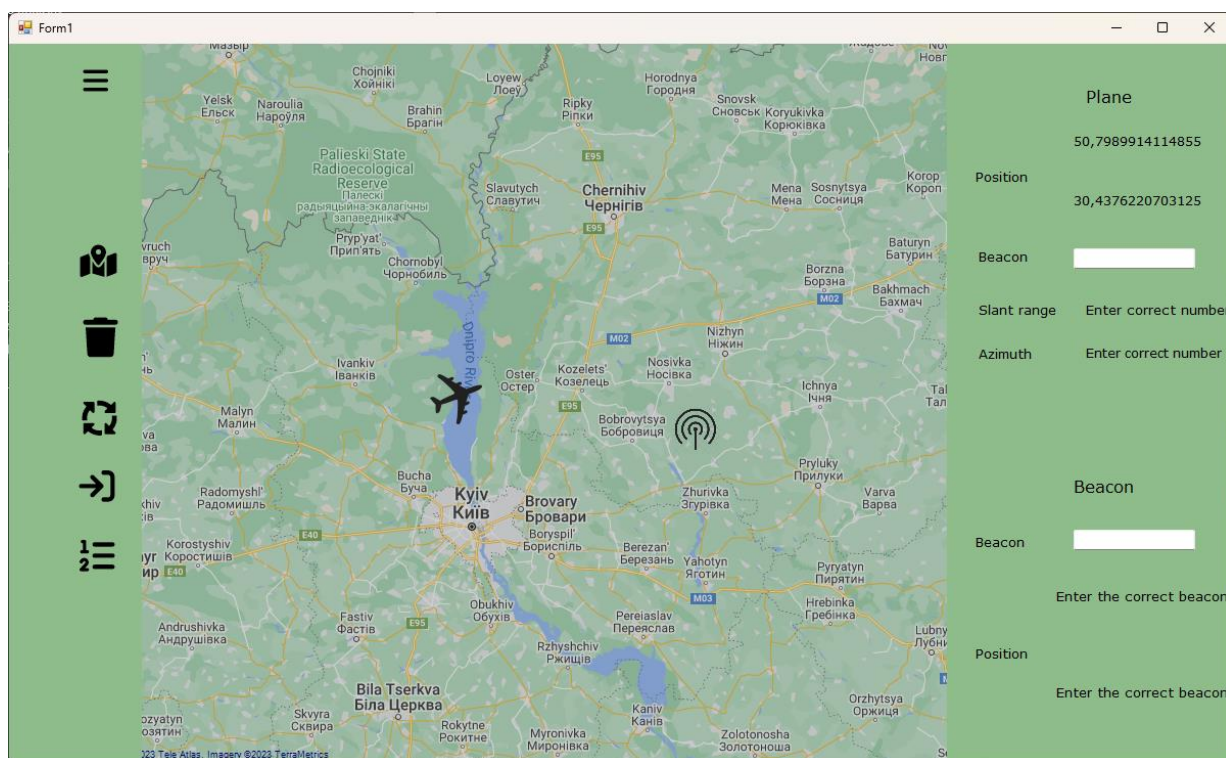


Рисунок 4.1- Основне вікно програми

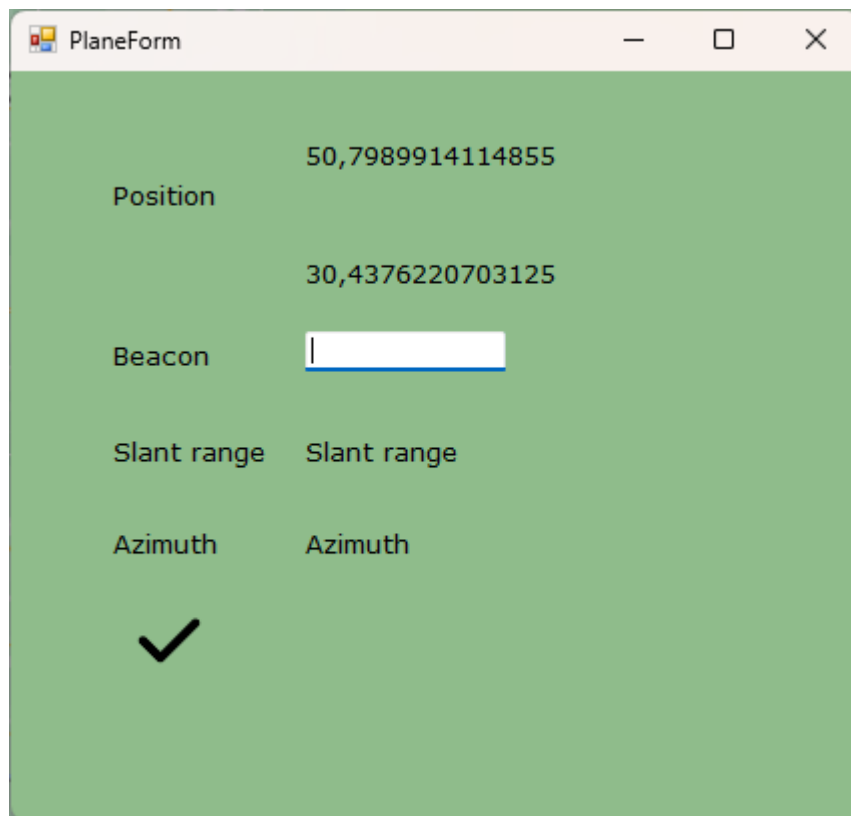


Рисунок 4.2-Вікно програми літак



Рисунок 4.3 - Вікно програми маяк

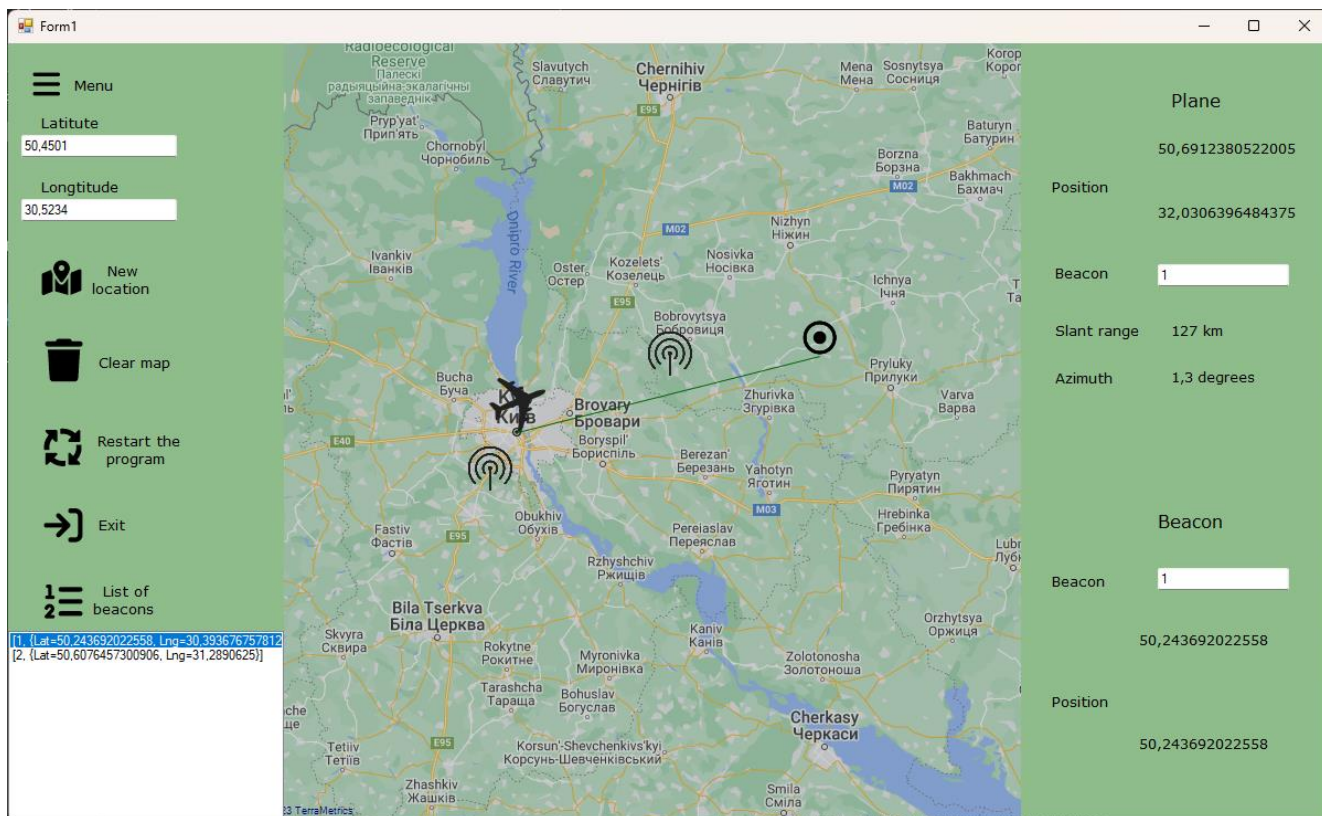


Рисунок 4.4 - Вікно роботи з програмою

На рисунку 4 показані основні функції роботи програми:

1. Показ координат літака, вибір маяка та визначення похилої дальності, азимуту
2. Показ координат маяка
3. Переміщення літака
4. Очищення карти, перезапуск програми, вихід з програми та показ списку маяків.

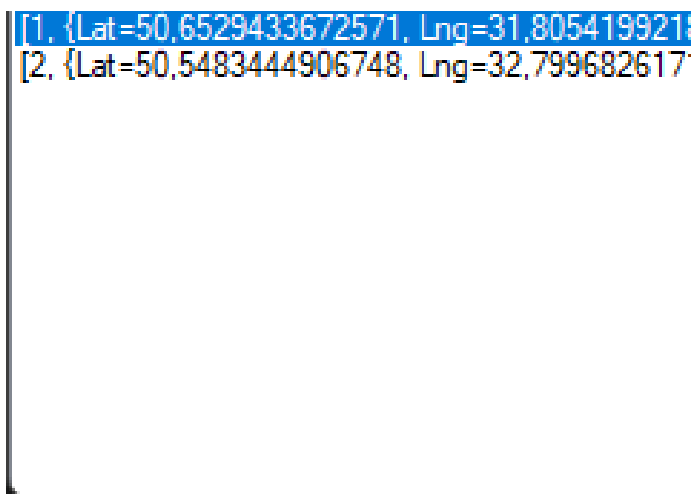


Рисунок 4.5 - Вікно списку маяків

Plane

50,9238132719129

Position

32,32177734375

Beacon

1

Slant range

48 km

Azimuth

1,09 degrees

Beacon

Beacon

Enter the correct beacon

Position

Enter the correct beacon

Рисунок 4.6 – Бокове поле програми

Ось приклади які, дана демонстративна програма навігаційної системи ближнього радіусу дії може бути застосована:

Дослідження та розробка: Може бути корисна в науково-дослідних проектах, пов'язаних з системами РСБН, TACAN і VOR/DME. Наприклад, дослідники можуть використовувати програму для моделювання роботи цих систем за різних умов і тестування різних параметрів конструкції для оптимізації продуктивності системи. Оцінюючи продуктивність цих систем у змодельованому середовищі, дослідники можуть отримати уявлення про те, як вони працюють, і розробити нові підходи для покращення їхньої продуктивності.

Проектування систем: Програма також може бути корисна для проектування систем. Наприклад, дизайнери можуть використовувати ці програми для оцінки

різних підходів до проектування і виявлення потенційних проблем або областей, де можна зробити поліпшення. Вони також можуть використовувати ці програми для тестування різних робочих сценаріїв і оцінки роботи системи в різних умовах. Моделюючи роботу систем РСБН, TACAN і VOR/DME, розробники можуть оптимізувати функціональність і продуктивність системи, що призведе до створення більш надійних і точних навігаційних систем.

В обох випадках програма дозволяє моделювати роботу систем РСБН, TACAN і VOR/DME в контрольованому середовищі, де можна регулювати параметри і оцінювати продуктивність за різних умов. Це може допомогти дослідникам і розробникам краще зрозуміти, як працюють ці системи, і розробити більш ефективні рішення для покращення їхніх характеристик.

4.2 Використання отриманих результатів у науковій і практичній діяльності.

Ця кваліфікаційна робота має практичну користь. Системи ближньої навігації широко використовуються в аерокосмічній та військовій галузях, а дослідження та розробка мають важливе значення для підвищення їх продуктивності та надійності.

Проектування та оптимізація систем: дослідження навігаційних радіосистем ближнього радіусу дії можуть допомогти дизайнерам та інженерам покращити продуктивність цих систем. Визначаючи потенційні проблеми та обмеження, дослідники можуть розробити нові підходи до оптимізації функціональності системи, підвищення точності та надійності.

Освіта та навчання: Дослідження навігаційних радіосистем ближнього радіусу дії також можуть бути використані для навчальних програм для пілотів і військовослужбовців. Навчальні програми можуть надати вичерпну і сучасну інформацію про ці системи і підготувати пілотів до їх ефективного і безпечного використання.

Політика і регулювання Дослідження і публікації про навігаційні радіосистеми ближнього радіусу дії також можуть впливати на політику і регулювання авіаційних і військових операцій. Надаючи науково обґрунтовану інформацію про ефективність і надійність цих систем, політики і регулятори можуть приймати обґрунтовані рішення щодо їх використання і розгортання.

Таким чином, дослідження мають практичне застосування в проектуванні і оптимізації систем, освіті і підготовці, політиці і регулюванні. Продовження досліджень і розробок має важливе значення для підвищення ефективності і надійності цих систем, які є життєво важливими для авіації і військових операцій.

4.3 Економічна чи соціально-економічна користність роботи

Дослідження систем ближньої повітряної навігації TACAN (Tactical Air Navigation) і VOR/DME (VHF Всенаправлена дальність/вимірювальне обладнання) можуть принести економічні та соціально-економічні вигоди. Економічні та соціально-економічні вигоди.

З економічної точки зору, ці навігаційні системи необхідні для безпечної і ефективної експлуатації повітряного руху. Використання правильних навігаційних систем може скоротити час польоту, підвищити ефективність використання палива і мінімізувати затримки, що може сприяти економії коштів для авіакомпаній і пасажирів. Порівняння навігаційних систем TACAN і VOR/DME може допомогти авіакомпаніям і авіадиспетчерам визначити, яка система найкраще підходить для конкретного рейсу. Це може призвести до більш ефективного планування маршрутів, зменшення споживання палива та зниження витрат для авіакомпаній і пасажирів.

Крім того, використання надійних навігаційних систем може зменшити ризик аварій та інцидентів, які накладають значний фінансовий тягар на авіакомпанії та страхові компанії.

З соціально-економічної точки зору, ці навігаційні системи також можуть сприяти підвищенню безпеки в авіаційному секторі. Забезпечуючи точну і надійну навігацію, вони можуть запобігти аваріям та інцидентам, які можуть завдати шкоди пасажиром, екіпажу і людям на землі. Вони також необхідні для реагування на надзвичайні ситуації та проведення пошуково-рятувальних операцій, які можуть врятувати життя і захистити громади. Точні та надійні навігаційні системи необхідні для безпечного виконання польотів, а порівняння різних систем може допомогти визначити, яка з них є більш ефективною в конкретній ситуації. Це призводить до підвищення безпеки пасажирів, екіпажу і людей на землі.

З економічної точки зору, ці навігаційні системи також відіграють важливу роль в управлінні повітряним рухом. Точна і надійна навігація має важливе значення для безпечного і ефективного виконання польотів, оскільки дозволяє пілотам точно орієнтуватися в небі і здійснювати посадку в пункті призначення. Це не лише скорочує час польоту, але й мінімізує затримки, що призводить до значної економії коштів для авіакомпаній і пасажирів. Дослідження показали, що навіть невелике скорочення часу польоту і затримок може призвести до значної економії коштів для авіакомпаній і пасажирів.

Крім того, ці навігаційні системи також сприяють економії палива, дозволяючи пілотам уникати непотрібних об'їздів і обходів і летіти більш прямими маршрутами. Це призводить до значної економії пального, що означає менші витрати для авіакомпаній і нижчі ціни на квитки для пасажирів.

З соціально-економічної точки зору, ці навігаційні системи є життєво важливими для безпеки авіаційної галузі. Точна і надійна навігація необхідна для запобігання аваріям та інцидентам, які можуть завдати шкоди пасажиром, екіпажу і людям на землі. Крім того, ці навігаційні системи необхідні для реагування на надзвичайні ситуації та проведення пошуково-рятувальних операцій, які можуть врятувати життя і захистити громади.

Крім того, розробка і розгортання систем ближньої навігації TACAN і VOR/DME може створити нові робочі місця і сприяти економічному зростанню в

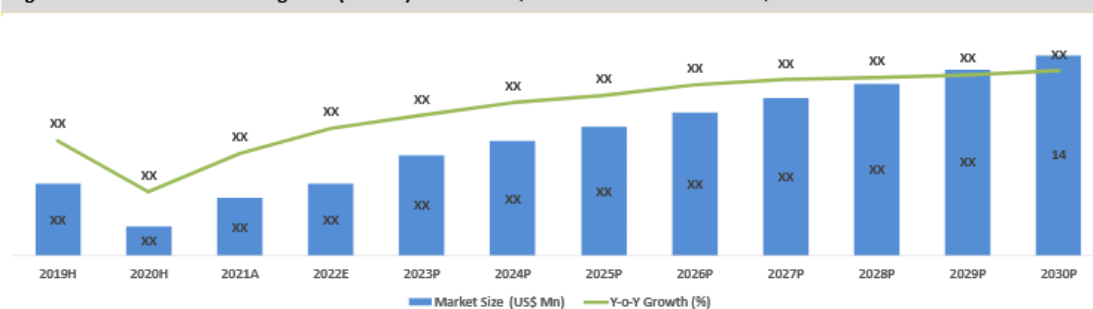
авіаційному секторі. Дослідження, проектування і виробництво цих навігаційних систем вимагають висококваліфікованої робочої сили, а їх розгортання може створити попит на нові технології і послуги.

Крім того, дослідження і розробка цих навігаційних систем має потенціал для стимулювання інновацій і технологічного прогресу в авіаційному секторі. Це може створити нові продукти і послуги, а також можливості для працевлаштування кваліфікованої робочої сили. Розробка більш точних і надійних навігаційних систем може також підвищити рівень безпеки в авіаційному секторі і знизити ризик аварій та інцидентів, що призводять до фінансових втрат для авіакомпаній і страхових компаній.

Крім того, дослідження і порівняння навігаційних систем TACAN і VOR/DME можуть сприяти розробці міжнародних стандартів і правил обслуговування повітряного руху. Це може забезпечити однаковість і узгодженість в авіаційному секторі, підвищити безпеку польотів і сприяти міжнародному співробітництву і торгівлі.

Загалом, економічні та соціально-економічні переваги аеронавігаційних систем ближньої дії TACAN і VOR/DME є значними і сприяють підвищенню безпеки, ефективності та продуктивності в авіаційному секторі, стимулюючи економічне зростання і створення робочих місць.

Fig XX: Global Tactical Air Navigation (TACAN) Market Size, Forecast and Y-o-Y Growth, 2019-2030



Source: DataIntel Analysis

Segments By Type

- Fixed Site
- Shipboard
- Mobile and Man Portable
- Type 4

Segments By Application

- Aircraft Carrier
- Air Base
- Application 3
- Application 4

Рисунок 4.7- Розмір глобального ринку тактичної повітряної навігації

ВИСНОВКИ

Робота присвячена створенню сучасного додатка яка емулює роботу системи TACAN, включаючи взаємодію з маяками. Використання додатка дозволяє виконувати операції пов'язані з емуляцією роботи системи TACAN. Під час виконання роботи були вирішені такі завдання:

- 1) досліджені сучасні технології, які використовується для створення додатків;
- 2) розглянуті різні методи та способи проектування;
- 3) розглянуті та застосовувані основні правила та пропозиції, пов'язані з розробкою та створенням програм;
- 4) визначено структуру та зміст програм;
- 5) зроблені висновки щодо ефективності роботи програми.
- 6) При реалізації проекту, була використана мова програмування C#.

Встановлені задачі, у ході проведення роботи були повністю виконані. Подальший розвиток проекту передбачає додавання та реалізацію нових типів функцій.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

Видання 1-3 авторів.

1. "Розробка та впровадження навігаційної системи VOR/DME" Ю Лю, Хуа Шао та Юхуа Ченг, опублікована в Journal of Navigation у 2018 році.
2. "Нова конструкція TACAN на основі ПЛІС" Сюепенг Ян, Джуңце, опублікована в журналі "Навігація та позиціонування" у 2019 році.
3. "Розробка навігаційної системи малого радіусу дії на основі VOR/DME" Сінце Чжан, Сяохуй Лю та Сяохуй Сонг, опублікована в матеріалах Міжнародної конференції IEEE з прикладних системних інновацій 2017 року.

Статті, конференції, тези доповідей

4. "Аналіз продуктивності системи TACAN/DME за наявності сигналів завад", Y. Wang і X. Zhang, в матеріалах Міжнародної конференції з бездротового зв'язку та обробки сигналів (WCSP) 2019 року, 2019.
5. "Прогнозування та аналіз покриття TACAN", X. Торкі та А. Кухі-Камалі, в матеріалах Міжнародної конференції з радіолокації 2014 року, 2014.
6. Machine Learning Models Efficiency Analysis for Image Classification Problem Smelyakov, K., Honchar, Y., Bohomolov, O., Chupryna, A. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3171, pp. 942–959.
7. Building of Regression Models for Cryptocurrency Price Prediction Smelyakov, K., Bizkrovnyi, O., Sharonova, N., Smelyakov, S., Chupryna, A. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3171, pp. 1216–1232.
8. Object-Based Image Comparison Algorithm Development for Data Storage Management Systems, Smelyakov, K., Prokopenko, O., Chupryna, A. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3171, pp. 1251–1266.
9. Identification of Modern Facial Emotion Recognition Models, Smelyakov, K., Bohomolov, O., Kizitskyi, M., Chupryna, A. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3171, pp. 1267–1281.

Електронний ресурс

10. Веб-сайт Федерального управління цивільної авіації США (FAA). URL: https://www.faa.gov/air_traffic/navigation/
11. Національне управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA). URL: <https://www.nauticalcharts.noaa.gov/navigation/>
12. Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) URL: <https://www.icao.int/>
13. Асоціація аерокосмічної промисловості (AIA). URL: <https://www.iala-aism.org/>
14. Інститут навігації (ION). URL: <https://www.ion.org/>

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ЗА НАУКОВИМИ НАПРЯМАМИ
КЕРІВНИКА ТА НАУКОВЦІВ КАФЕДРИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

6. Machine Learning Models Efficiency Analysis for Image Classification Problem Smelyakov, K., Honchar, Y., Bohomolov, O., Chupryna, A. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3171, pp. 942–959.

7. Building of Regression Models for Cryptocurrency Price Prediction Smelyakov, K., Bizkrovnyi, O., Sharonova, N., Smelyakov, S., Chupryna, A. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3171, pp. 1216–1232.

8. Object-Based Image Comparison Algorithm Development for Data Storage Management Systems, Smelyakov, K., Prokopenko, O., Chupryna, A. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3171, pp. 1251–1266.

9. Identification of Modern Facial Emotion Recognition Models, Smelyakov, K., Bohomolov, O., Kizitskyi, M., Chupryna, A. CEUR Workshop Proceedings, 2022, 3171, pp. 1267–1281.