

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**  
**КАТЕДРА АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

**ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри

д-р техн. наук, проф.

\_\_\_\_\_ В.Ю. Ларін

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**  
**ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ**  
**«СИСТЕМИ АЕРОНАВІГАЦІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ»**

**Тема: «Комп'ютерний комплекс моделювання роботи наземних**  
**радіотехнічних засобів забезпечення навігації»**

**Виконав:** \_\_\_\_\_ **О.С. Сіренко**

**Керівник: к.т.н., доцент** \_\_\_\_\_ **О.С. Погурельський**

**Нормоконтролер, д.т.н., проф.** \_\_\_\_\_ **Т.Ф. Шмельова**

**Київ 2022**

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**  
**NATIONAL AVIATION UNIVERSITY**  
**FACULTY OF AIR NAVIGATION, ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS**  
**AIR NAVIGATION SYSTEMS ACADEMIC DEPARTMENT**

**PERMISSION FOR DEFENCE**  
Head of the Academic Department  
Doctor of Sciences (Engineering), prof.  
\_\_\_\_\_ V. Larin  
«\_\_»\_\_\_\_\_2022.

**MASTER'S THESIS**  
**(EXPLANATORY NOTE)**  
ON THE EDUCATIONAL PROFESSIONAL PROGRAM  
"SYSTEMS OF AIR NAVIGATION SERVICE"

**Theme: "Software complex for simulation operation of navigation aids"**

**Performed by:** \_\_\_\_\_ **O. Sirenko**

**Supervisor:** \_\_\_\_\_ **O. Pogurelsky**

**Standard inspector** \_\_\_\_\_ **T. Shmelova**

**KYIV 2022**

## НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій  
Кафедра аеронавігаційних систем  
Освітня ступінь «Магістр»  
Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»  
Освітньо-професійна програма «Системи аеронавігаційного обслуговування»

### **ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

д-р техн. наук, проф.

\_\_\_\_\_ В.Ю. Ларін

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

### **ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

**Сіренко Олександра Сергійовича**

1. Тема дипломної роботи: «Комп'ютерний комплекс моделювання роботи наземних радіотехнічних засобів забезпечення навігації» затверджена наказом ректора №1594/ст від 20.09.2022.

2. Термін виконання роботи: 01.09.2022 - 20.11.2022.

3. Вихідні дані до дипломної роботи: нормативна документація розробників та експлуатантів наземних радіотехнічних засобів навігації, правила візуальних польотів, правила польотів за приладами.

4. Зміст пояснювальної записки: огляд підходів до організації повітряних маршрутів та виконання польотів за правилами візуальних польотів та за правилами польотів за приладами, керівництво користувача комп'ютерного інтерфейсу моделювання роботи наземних радіотехнічних засобів забезпечення навігації.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: графіки, таблиці, скріншоти. Графічний (ілюстративний) матеріал виконано з використанням Microsoft Office Visio, Power Point і представлено у вигляді презентацій.

## 6. Календарний план-графік

№ п/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Попередній аналіз проблеми, підготовка та написання 1 розділу «Огляд літературних джерел з питання правил виконання польотів»	01.09.22 – 1.10.22	
2	Формулювання цілей та завдань дослідження, написання 2 розділу «Технічне завдання »	02.10.22 – 10.10.22	
3	Розробка програмного забезпечення, написання 3 розділу «Комп'ютерний комплекс моделювання роботи наземних радіотехнічних засобів забезпечення навігації»	11.10.22 – 31.10.22	
4	Проведення комплексу експериментальних досліджень, написання 4 розділу «Керівництво користувача комп'ютерного комплексу моделювання роботи наземних радіотехнічних засобів забезпечення навігації»	01.1.22 – 30.11.22	
5	Підготовка доповіді та презентаційних матеріалів.	01.12.22 – 07.12.22	

Дата видачі завдання 01.09.2022 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ Погурельський Олексій Сергійович

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Сіренко Олександр Сергійович

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Комп'ютерний комплекс моделювання роботи наземних радіотехнічних засобів забезпечення навігації» містить 103 сторінки, 117 рисунків, 1 таблицю, 10 використаних джерел.

*Об'єкт дослідження* – радіотехнічні засоби навігації.

*Предмет дослідження* – комп'ютерні моделі бортових пристроїв індикації навігаційної інформації.

*Мета роботи* – створення програмного комплексу та завдань для моделювання роботи радіотехнічних засобів забезпечення навігації.

*Методи дослідження* – аналіз науково-технічних джерел та технічної документації, математичне моделювання, комп'ютерне моделювання.

У дипломній роботі здійснюється аналіз правил виконання польотів та побудови маршрутів при виконанні візуальних польотів та польотів за приладами, систематизується інформація про основні наземні радіотехнічні засоби забезпечення навігації, а також бортові пристрої індикації навігаційної інформації. Створюється комп'ютерний комплекс моделювання роботи радіотехнічних засобів забезпечення навігації та розробляється інструкція з його використання і комплекс завдань для самостійного одержання навичок практичної роботи з приладами індикації, розташованими на борту літака.

Результати аналізуються та формулюються висновки.

НАВІГАЦІЙНА СИСТЕМА, ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТІВ ЗА ПРИЛАДАМИ,  
МОДЕЛЮВАННЯ, КОМП'ЮТЕРНИЙ КОМПЛЕКС, ІНСТРУКЦІЯ  
КОРИСТУВАЧА

**ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ**

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>9</b>
<b>ВСТУП .....</b>	<b>10</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТІВ.....</b>	<b>11</b>
1.1 Правила візуальних польотів .....	12
1.2 Правила польотів по приладам .....	14
1.3 Радіотехнічні засоби в аеронавігаційному забезпеченні польотів .....	16
1.4 Позначення радіотехнічних аеронавігаційних засобів	
на картах Jeppesen .....	20
Висновки до розділу 1 .....	28
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ .....</b>	<b>29</b>
<b>РОЗДІЛ 3. СИМУЛЯТОР ІНДИКАЦІЇ НАВІГАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ</b>	
<b>ВІД НАЗЕМНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ.....</b>	<b>31</b>
3.1 Огляд інтерфейсу симулятора FERGO IFR SIMULATOR .....	31
3.2 Сценарій польоту за даними NDB .....	38
3.3 Режим Mission з використанням NDB.....	42
3.4 Сценарій польоту по приладам з використанням CDI .....	46
3.5 Режим Mission з використанням VOR.....	50
3.6 Сценарії польотів по маршрутам, побудованим з використанням	
маяків NDB та VOR.....	54
3.7 Рекомендації по розробці завдань для лабораторних робіт	
та їх приклади .....	56
Висновки до розділу 3.....	59

<b>РОЗДІЛ 4. ЕЛЕМЕНТИ КОМП'ЮТЕРНОГО КОМПЛЕКСУ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ НАЗЕМНИХ РАДІО- ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВІГАЦІЇ.....</b>	<b>60</b>
4.1 Приклад виконання лабораторної роботи 1 .....	61
4.2 Приклад виконання лабораторної роботи 2 .....	79
<b>РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АВІАЦІЙНОГО СИМУЛЯТОРА.....</b>	<b>89</b>
<b>РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....</b>	<b>93</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>101</b>
<b>Перелік посилань .....</b>	<b>102</b>



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ВНЗ	вищий навчальний заклад;
ГНСС	Глобальна навігаційна супутникова система;
ДН	дистанційне навчання;
ДСТУ	державний стандарт України
ЕП	електронний підручник;
ІКАО	ІКАО; Міжнародна організація цивільної авіації;
РНС	радіонавігаційна система;
СДО	система дистанційної освіти;
ADF	Automatic Direction Finder;
AFRS	Armed Forces Radio Station;
BEIDOU	ГНСС Китайської Народної Республіки;
CDI	Course Deviation Indicator;
DGPS	Differential Global Positioning System;
DME	Distance Measurement Equipment;
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service;
GALILEO	ГНСС Європейського Союзу;
GPS	Global Positioning System;
NDB	Non-directional Beacon;
ILS	Instrumental Landing System;
INS	Inertial Navigation System;
OBS	Omni-bearing Selector;
TCAS	Traffic Collision Avoidance System;
VFR	Visual Flight Rules;
VOR	VHF Omni Directional Radio Range.

## ВСТУП

В ході виконання роботи проведемо аналітичний огляд правил виконання візуальних польотів та польотів по приладам (IFR), який має показати що використання навігаційної інформації від наземних радіотехнічних засобів (радіомаяків різних типів) значно покращує можливості виконання регулярних рейсів за будь-яких метеоумов.

Проаналізуємо технічну інформацію щодо основних типів наземних радіотехнічних засобів, які використовуються для аеронавігаційного забезпечення польотів та їх позначення на сучасних аеронавігаційних картах Jeppesen.

Шляхом пошуку серед відкритих ресурсів знайдемо онлайн-симулятор з можливостями імітації роботи бортових пристроїв індикації інформації від наземних маяків різних типів. Опишемо його функціонал і розглянемо можливість впровадження в навчальний процес практичних занять із цим програмним забезпеченням шляхом розробки завдань для лабораторних робіт.

Виконаємо розрахунок економічної ефективності власної розробки авіаційного симулятора, який може використовуватися в навчальному процесі на контрактній основі.

Розглянемо питання охорони праці та охорони навколишнього середовища.

## РОЗДІЛ 1. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТІВ

Задача створення правил, тобто їх функція – це виконання учасниками процесу передбачених процедур. За аналогією з дорожнім рухом, коли автомобіль на дорозі вмикає вказівник повороту, то всі учасники дорожнього руху розуміють, що невдовзі ця машина виконає поворот або зміну полоси руху. Точно за цією аналогією має відбуватись взаєморозуміння в небі: виконуючи польоти навколо аеродрому, де присутні інші літаки, необхідно знати куди і за яких умов вони повертатимуть чи змінюватимуть курс і висоту польоту.

В авіації для безпечного маневрування важливо знати просторове розташування повітряного судна. Якщо при регулюванні дорожнього руху розведення зустрічних автомобілів досягається використанням різних полос руху, знаків пріоритету та світлофорів, то в авіації такий підхід неможливий. Тим не менше пілоти мають знаходити шлях з точки А в точку Б. Тому принципи здійснення навігації також є частиною правил польотів.

Зрештою, іноді один потік трафіку може становити проблеми іншому. Наприклад, велика кількість вантажних автомобілів в центрі міста може призвести до виникнення пробок. Тому доцільним виглядає спрямувати їх в об'їзд, тобто реалізувати управління трафіком. За аналогією, в небі доводиться тримати завантажений комерційними рейсами повітряний простір вільним від некомерційних літаків, аби авіакомпанії (та аеропорти) не понесли суттєві збитки від затримок рейсів.

## 1.1 Правила візуальних польотів

В 1903 році брати Райт здійснили перший в історії людства політ. Їх приклад надихнув багато інженерів і невдовзі в Світі розпочався стрімкий розвиток авіації. Теорія польоту перебувала лише в стадії розробки і становлення, тому цей період виявився непростим і трагічним. Польотам дуже швидко знайшлось практичне застосування – в світі розпочалась Перша світова війна. Попит на літаки сприяв появі пропозиції і дав можливість допрацювати теорію та зробити польоти достатньо безпечними для масового перевезення вантажів та пасажирів.

В цей час засновані перші авіакомпанії, а в 1944 році велика кількість країн об'єдналась спільним підписанням Чиказької Конвенції, результатом чого стало утворення ІКАО – міжнародної організації цивільної авіації, яка серед іншого займається регулюванням польотів. З'явився сучасний правовий базис для міжнародних польотів авіації. Разом із тим виникла необхідність створити та систематизувати правила польотів, використовуючи знання, досвід та тогочасні технічні можливості.

Правила візуальних польотів (VFR – Visual Flight Rules) спираються на той факт, що пілот протягом усього польоту буде бачити природню лінію горизонту, повітряний простір навколо себе та частину земної поверхні знизу.

Відповідно до Додатка 6 конвенції міжнародної цивільної авіації, літак, що здійснює політ візуально, повинен мати на борту засоби вимірювання та відображення:

- приборної повітряної швидкості (дозволяє дотримувати безпечну для маневрів швидкість);
- барометричної висоти (для підтримання необхідної для виконання польоту висоти);
- магнітного курсу (надає можливість дотримуватись напрямку на точку призначення);
- часу (дозволяє дізнатись відстань до точки через швидкість).

Самі правила польотів досить прості і формулюються наступним чином:

- просторове положення літака, необхідне для безпечного маневрування, витримується за природньою лінією горизонту;
- конфліктуючий трафік виявляється пілотом візуально, і для його розведення не потрібна допомога диспетчера (два літаки на зустрічних курсах обидва повертають праворуч);
- навігація забезпечується зчитуванням аеронавігаційної карти та порівнянням її орієнтирів з поверхнею, що спостерігається, а також виконанням точного штурманського розрахунку на землі;
- процедури будуються по тим же орієнтирам та публікуються в спеціальних збірниках. Прикладом такої процедури для виконання заходу на посадку може бути: долетіти до такого то озера, від нього виконати поворот до населеного пункту, пролетівши центральну площу виконати поворот ліворуч, а там вже стає видимою злітно-посадкова смуга;
- для керування трафіком можна використовувати обмеження по висоті або орієнтирам (наприклад, побудувати заборонену для польотів зону над історичною частиною м. Києва).

Окрім самого маневрування літаком, на пілота покладено обов'язок по скануванню трафіку і орієнтирів на земній поверхні. Тому більшу частину часу візуальний пілот змушений спостерігати зовнішню обстановку. Це, в першу чергу, призводить до зниження точності витримування параметрів польоту (висоти, швидкості, курсу).

Для таких польотів необхідними є доволі строгі метеорологічні умови, оскільки від пілота вимагається бачити наступне:

- більшу частину землі на протязі всього польоту, що значно ускладнює політ на великих висотах (над хмарністю);
- природню лінію горизонту, що робить взагалі неможливим політ в середині хмарності;
- злітно-посадкову смугу при зльоті та виконання посадки, що унеможливорює здійснення зльотів/посадок в умовах туману.

Все це робило комерційні візуальні польоти непередбачуваними. Рейси доводилось коригувати або відмінити через несприятливі погодні умови, політ на значних висотах (який зменшує тривалість польоту і розхід палива) був взагалі недоступним. Це призвело до появи нових правил, за якими і почала виконувати польоти комерційна авіація.

Однак самі візуальні польоти залишились. Вони закріпились в тій ніші, яка невимоглива до регулярності польотів – малій авіації. Вони є більш простими в освоєнні базових навиків (всі приватні пілоти навчаються літати спочатку саме візуально), менш вимогливі до обладнання літака (це дозволяє зекономити як на самому літаку так і на його обслуговуванні) та диспетчерському супроводі (оскільки можна літати взагалі без диспетчера).

## **1.2 Правила польотів по приборам**

По мірі розвитку попиту на комерційні перельоти постало питання планування рейсів. Будь-яка несприятлива погода в точці вильоту, прильоту або на шляху могла призвести до відміни рейсу. Зростаючий потік трафіку вимагав від пілотів більш точного виконання процедур, а розходитись із зустрічними літаками ставало дедалі складніше. Науково-технічний прогрес також пропонував нові рішення для цих викликів. Все це призвело до появи нових правил.

Правила польотів по приборам (ІППІ, Instrument Flight Rules, IFR) спираються на той факт, що впродовж будь-якої частини польоту пілот може мати обмежену видимість.

Стають можливими польоти в самій хмарності, на значних висотах, посадки за умов дуже поганої видимості.

При цьому:

- маневрування виконується за показами штучного авіагоризонту. При його відмові використовуються комбіновані дані з інших приладів – висотоміру, тахометру, магнітного компасу, годинника, індикатора ковзання та повороту;

- конфліктуючий трафік розводиться за вказівками диспетчера. Як правило, на літаках встановлена TCAS (Traffic Collision Avoidance System, система попередження зіткнення літаків), однак вона використовується лише для зменшення ризику можливих помилок диспетчерів;
- навігація реалізується виконанням вказівок диспетчера, використанням наземних радіомаяків (VOR/DME/ADF/ILS), інерціальної системи навігації (INS) або супутникової навігаційної системи (GPS, Galileo, Beidou);
- управління трафіком також здійснює диспетчер, використовуючи дані з радарів або звіти пілотів про проходження певних точок.

Пілот протягом всього польоту дивиться на прилади. Організм людини не призначений для польотів, а тому йому властиві візуальні та просторові ілюзії. Достатньо відвести погляд від авіагоризонту на декілька секунд аби виявити, що літак пішов в крен або піке. Вимоги до точності параметрів, які витримуються також зростають. Такі польоти вимагають суттєво більш якісного рівня підготовки екіпажу, зокрема навчання його правильним технікам сканування приладів. Пілот, який має допуск до польотів в приборних метеорологічних умовах, повинен мати інструментальний рейтинг в льотній ліцензії.

Вимоги до устаткування літака також значно вищі. Тепер він повинен бути оснащений додатковими приладами, такими, як авіагоризонт, індикатор сковзання і повороту, вказівник вертикальної швидкості. Необхідні приймачі згаданих вище навігаційних маяків, радіостанція для зв'язку, транспондер для передачі диспетчеру інформації про місце розташування.

Оскільки пілот майже весь час дивиться на прибори, читання аеронавігаційних мап, зміна та налаштування частот, а також ведення бортового журналу стають більш складними задачами. Для зниження навантаження в літаки вбудовують автопілот, або виконують польоти вдвох. При цьому прилади також часто дублюють, за можливості використовуючи

різні і незалежні джерела інформації – відмова приладів за умов відсутності видимості може бути надзвичайно небезпечною.

Польоти у хмарах можуть призвести до обледеніння, тому на приборних літаках як правило встановлюють системи протидії обледенінню. Фюзеляж екранують для захисту від ударів блискавок, а кабінку іноді устатковують метеорадаром. З метою зменшення ймовірності зіткнення в повітрі на літаки можуть додатково встановлювати згадану вище систему TCAS. При заході на посадку в умовах поганої видимості корисно знати точну відстань до поверхні землі, тому на певні літаки додатково встановлюють радіовисотомір. Для посадки при надзвичайно низькій видимості, коли безпечне приземлення знаходиться за межами фізичних можливостей людини, використовують автопілот з функцією автоматичної посадки.

За своєю суттю, приборні польоти це великий простір для можливості реалізації різноманітного обладнання під широкий спектр задач. Мати автопілот, TCAS або всепогодний радар необов'язково, однак їх наявність здатна значно полегшити життя пілота і додати суттєвий вклад в загальну безпеку польоту.

### **1.3 Радіотехнічні засоби в аеронавігаційному забезпеченні польотів**

Виконання розглянутих вище правил польотів по приборам можливе якщо на борту забезпечується інформування пілота про просторове положення літака, його орієнтацію, висоту. Для вироблення цієї інформації широко використовуються можливості радіотехнічних навігаційних засобів, спільною рисою яких є використання властивостей поширення і прийому радіохвиль.

Радіотехнічні засоби навігації використовують розповсюдження радіохвиль для передачі інформації яка використовується авіаційними користувачами для одержання даних про своє просторове розташування. Для міжнародного узгодження діапазонів частот які використовуються радіомаяками розглянемо існуючі діапазони частот, введені на всесвітній конференції 1959 року в Женеві (табл. 1.1).



Таблиця 1.1. - Міжнародна класифікація діапазонів частот радіохвиль

№ діапазону	Частоти діапазону	Поділ на хвилі	Назва та скорочення українською і англійською	
4	3-30 кГц	міріаметрові	ДНЧ дуже низькі частоти	VLF very low frequency
5	30-300 кГц	кілометрові	НЧ низькі частоти	LF low frequency
6	300-3000 кГц	гектаметрові	СЧ середні частоти	MF medium frequency
7	3000-30000 кГц	декаметрові	ВЧ високі частоти	HF high frequency
8	30-300 МГц	метрові	ДВЧ дуже високі частоти	VHF very high frequency
9	300-3000 МГц	дециметрові	УВЧ ультрависокі частоти	UHF ultra high frequency
10	3-30 ГГц	сантиметрові	НВЧ надвисокі частоти	SHF super high frequency
11	30-300 ГГц	міліметрові	ЕВЧ екстремально високі частоти	EHF extremely high frequency
12	300-3000 ГГц	дециміліметрові	Позначення не надано	

В табл. 1.1 використано наступні скорочення:

Гц - одиниці частоти, які відповідають одному циклу (одному коливанню) за секунду

$$\text{кГц} = 10^3 \text{ Гц}$$

$$\text{МГц} = 10^6 \text{ Гц}$$

$$\text{ГГц} = 10^9 \text{ Гц}$$

Окремо варто зазначити, що в авіаційних застосуваннях частоти діапазону 200 МГц – 3000 МГц відносяться до діапазону УНФ.

Сучасні радіонавігаційні системи функціонують в діапазоні 10 кГц – 30 ГГц. При цьому спостерігається тенденція до того, аби використовувати ще більш високі частоти. Це перспективно з огляду на можливість зменшення ваги обладнання та антенних пристроїв, так само як і рельєфу місцевості.

Розподіл радіочастот необхідний для чіткого розподілу частотних каналів роботи засобів аеронавігації та зв'язку. Це мінімізує або при правильному підході взагалі унеможлиблює вплив роботи одних засобів на роботу інших.

В авіаційних застосуваннях виокремлюють частотні діапазони, виходячи з цільового призначення систем, зокрема:

- навігаційних засобів;
- авіаційних станцій;
- засобів управління повітряним рухом.

Розглянемо частотні діапазони для кожного з приведених вище типів систем.

#### *Навігаційні засоби (Navigation Aids)*

200 – 415 кГц – ненаправлені маяки малої потужності та направлені (курсіві) радіомаяки малої потужності;

200 – 1750 кГц – стандартні ненаправлені радіомаяки;

75 кГц – маркерні маяки;

108,0 – 118,0 МГц – тест-маяки VOR для перевірки бортового обладнання;

108,0 – 111,95 МГц – курсіві маяки ILS (на частотах з непарними десятими долями, тобто 108,1; 108,3; 108,5 і далі). 108 – 111,8 МГц – маяки VOR (з парними десятими долями МГц).

112 – 117,95 МГц - маяки VOR (з парними і непарними десятими долями МГц);

329,15 – 335,0 МГц – глісадні маяки ILS;

960 – 1215 МГц – DME та TACAN.

#### *Авіаційні станції (Airborne Stations)*

410 МГц – міжнародна частота пеленгаторів (окрім континентальної частини США);

475 кГц – робоча частота для літаків, які виконують політ над океаном;

500 кГц – міжнародна частота для морських суден та літаків. Передача на цій частоті припиняється двічі впродовж години на 3 хвилини, починаючи з 15-ї та 45-ї хвилин (окрім сигналів порятунку та терміновості);

3281 кГц – частота для апаратів легше повітря;

121,5 МГц – універсальний симплексний вільний канал. Ця частота використовується літаками, які потрапили в надзвичайну або аварійну ситуацію. На цій частоті працює також аварійний привідний радіомаяк.

122,9 – 123,1 МГц – частоти зв'язку «повітря-земля» або «земля-повітря». На цих частотах здійснюється зв'язок з пошуково-рятувальними авіаційними станціями.

#### *Засоби управління повітряними рухом*

121,6 – 121,925 МГц – частоти роботи аеропорту (Ground control). Додатково можуть використовуватись для контролю світлового обладнання борту літака за допомогою кодових сигналів;

121,975 – 123,075 МГц – частоти, які використовуються для контролю польотів приватних літаків;

23,175 – 123,475 МГц – частоти, які застосовуються для наземних та літакових випробувальних станцій. Частоти з 123,125 по 123,575 включно застосовуються для льотно-випробувальних станцій авіаційних заводів.

123,3 – 123,475 МГц – частоти бортових та наземних станцій. Застосовується також і частота 121,95 МГц.

123,1 МГц – частота яка застосовується для зв'язку з ціллю контролю повітряного простору аеропорту та наземними станціями в особливих випадках;

133,2 МГц – на цій частоті здійснюється зв'язок літаків з радіолокаційними станціями Військово-Повітряних Сил (ВПС) США з метою метеозабезпечення.

128,825 – 132,0 МГц – частоти авіаційних маршрутних станцій.

Наостанок необхідно зазначити що на мапах фірми «Jeppesen» частоти зазначаються лише з десятими та сотими долями частот. Наприклад, частоти XXX.025, XXX.050 та XXX.075 будуть зазначені як XXX.02 XXX.05 та XXX.07 відповідно.

Ефективна дальність дії радіо засобів що працюють в діапазоні НВЧ зазвичай на 7% перевищує дальність прямої видимості і визначається за формулою:

$$D = 1,225 (\sqrt{H_t} + \sqrt{H_r}) , \quad (1.1)$$

Звідси:

$$H_r = \frac{(D - 1,225\sqrt{H_t})^2}{1,5} , \quad (1.2)$$

де D – відстань в морських милях,

$H_r$  – висота польоту літака в футах,

$H_t$  – висота антени передавальної станції в футах.

Приклад розрахунку демонструє наступне. Для висоти польоту 3000 миль і висоти антени 60 футів дальність дії складе 221,7 морських миль.

#### **1.4 Позначення радіотехнічних аеронавігаційних засобів на картах Jeppesen**

Наземні радіо маяки відносяться до засобів які працюють на низьких та середніх частотах. Робочий діапазон частот 190 кГц – 1750 кГц (діапазон хвиль 1578,9 м – 171,4 м).

*NDB – Non-Directional Beacon* – ненаправлений радіомаяк.

По місцю розташування NDB поділяють на трасові та позатрасові, а за потужністю поділ відбувається на 3 класи:

НН – потужністю 2000 Вт або більше, дальність дії 75 морських миль;

Н – потужністю 50 – 1999 Вт і дальністю дії 50 морських миль;

НМ – потужністю менше 50 Вт і дальністю дії 25 морських миль.

Маяки NDB безперервно надсилають двох або трьох буквені позивні кодом Морзе. Якщо на частоті маяка дається погода, то в період передачі погоди позивні не передаються.

На тих картах, де для відображення деяких символів використовується зелений колір, радіо засоби що працюють на низьких та середніх частотах відтворюються також зеленим кольором.

На рис. 1.1 приведено позначку яка використовується для відображення на аеронавігаційних картах ненаправлених маяків NDB.

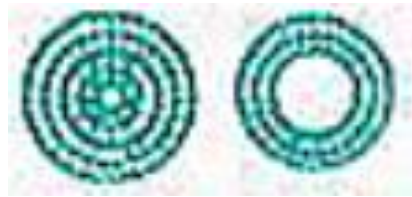


Рисунок 1.1 – Ненаправлений маяк NDB

На рис. 1.2 приведена позначка приводної радіостанції (вона наноситься якщо ця радіостанція виконує маршрутні функції або забезпечує автоматичну передачу погоди), або маяк класу SABH (Radio Beacon Class) – радіомаяк обмеженого використання для навігації.



Рисунок 1.2 – Приводна радіостанція

Поряд з позначкою ненаправленого маяка NDB розміщується прямокутник його даних (рис. 1.3). В ньому міститься інформація про найменування пункту, робочу частоту, позивні кодом Морзе.



Рисунок 1.2 – Прямокутник з даними маяка NDB

Якщо позивні підкреслені то для їх прослуховування необхідно включити генератор бієній. Сторона (сторони) прямокутника зображуються із тінню якщо навігаційний засіб є компонентом траси. Зірочка перед частотою значить, що постійна робота засобу не забезпечуються.

Трасовий NDB на карті Н/Л (аналогічно зображується і на картах LO та AREA) із зазначенням координат (рис. 1.3). Координати місця встановлення маяка рекомендується зазначати якщо маяк є компонентом траси. Прапорець показує напрям магнітного меридіана, який проходить через маяк і використовується для вимірювань напрямів (курсів).



Рисунок 1.3 – Приклад зображення NDB на карті

Позатрасовий NDB на карті LO (аналогічно зображується Н/Л та AREA) наведено на рис. 1.4



Рисунок 1.4 – Позатрасовий NDB



Рисунок 1.5 – Трасові NDB на картах LO в пунктах обов'язкової доповіді

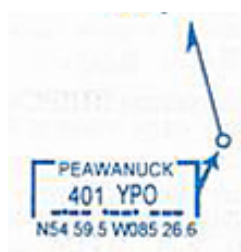


Рисунок 1.6 – Позатрасовий NDB на картах HL

Скорочення TWEB (Transcribed Weather Broadcast) означає, що на частоті даного ненаправленого маяка NDB безперервно ведеться трансляція запису інформації про погоду (метео) (рис. 1.7).

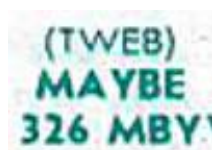


Рисунок 1.7 – Скорочення TWEB

Радіомаяк класу SABH призначений в основному для автоматичної передачі погоди (WX - Weather) приведений на рис. 1.8



Рисунок 1.8 – Радіомаяк класу SABH

COMPASS LOCATOR по термінології ICAO це низькочастотний або середньочастотний ненаправлений маяк, який використовується в якості засобу заходу на посадку на кінцевому етапі. Він використовується також і на інших етапах заходу на посадку.

Позивні та частота такого NDB зазначені в заголовках карти.

По термінології FAA (Federal Aviation Administration) США Compass Locator – це маяк малої потужності, працюючий на низьких та середніх частотах, який встановлюється разом з дальнім (зовнішнім) або середнім маркером системи посадки ILS. Для цілей пілотування літаків використовується з віддалі біля 15 морських миль. Частоти цих маяків 190 – 535 кГц.

Також до переліку доступних радіонавігаційних засобів можуть бути занесені відомі за своїм розташуванням радіостанції цивільного призначення. Приклади їх позначень на мапах Jeppesen наведено на наступних рис. 1.9-1.10.



Рисунок 1.9 – Радіостанція класу BCST (Broadcast)



Рисунок 1.10 – Військова радіостанція AFRS (Armed Forces Radio Station)

Окрім всенаправлених маяків NDB до наземних радіотехнічних засобів відносяться також маяки VOR.

*VOR-VHF (VHF Omnidirectional radio range)* – всенанправлений радіомаяк в діапазоні УКХ (VHF).

Маяки VOR працюють в діапазоні частот 108,0 – 117,95 МГц. Вони виступають засобами ближньої навігації і використовуються при польотах по маршруту, виводі літака на аеродром посадки, заході на посадку. Знаходячись в



зоні дії маяка, екіпаж за допомогою бортового обладнання безперервно одержує інформацію про магнітний пеленг маяка VOR або магнітний пеленг літака відносно VOR маяка – так звані радіали.

Радіал – це магнітний пеленг, який вимірюється від наземних навігаційних засобів VOR, VORTAC, TACAN. Середньоквадратична похибка визначення пеленгів складає  $3,6^\circ$ . Пілотування літаків здійснюють, використовуючи опубліковані або задані радіали. Дальність прийому сигналів від маяків цих типів залежить від потужності передавачів (маяків) та висоти польоту літака.

При  $H=1000$  м дальність дії дорівнює 200 морських миль при використанні передавача потужністю 200 Вт і 100 морських миль при потужності передавача 100 Вт.

Маяки VOR транслюють трьох буквений позивний кодом Морзе. На частоті маяка також часто дається мовна інформація (наприклад, ATIS). В залежності від потужності маяки VOR (VORTAC) поділяють на наступні класи:

- «Т» - Terminal Class з ефективною дальністю дії до 20 морських миль;
- «Н» - High Altitude Class з ефективною дальністю дії до 135 морських миль;
- «L» - Low Altitude Class з ефективною дальністю дії до 45 морських миль;
- «U» - Class unspecified – некласифікований маяк.

Якщо маяк класифікований, то літери Т, Н та L зазначають перед частотою в прямокутнику даних маяка.

Маяки аеродромного класу використовуються для підходу до аеродрому посадки та при заході.

Розглянемо деталі позначення маяків VOR на аеронавігаційних картах. На рис. 1.11 – 1.15 приведені варанти позначок маяків VOR на різних типах карт Jeppesen.



Рисунок 1.11 – VOR на карті LO та H/L



Рисунок 1.12 – VOR, встановлений в районі аероузлів

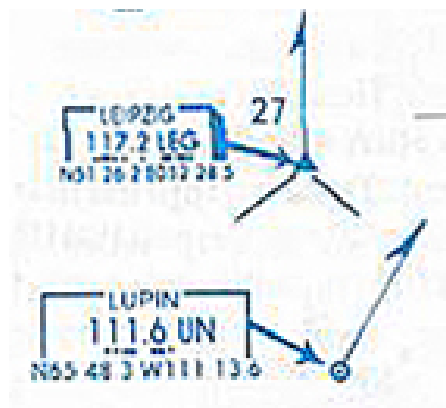


Рисунок 1.13 – Трасовий та позатрасовий VOR на карті HL

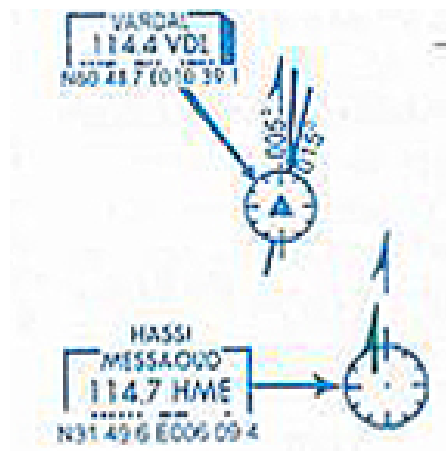


Рисунок 1.14 – Трасовий та позатрасовий VOR на карті H/L



Рисунок 1.15 – Трасовий та позатрасовий VOR на карті LO

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

В першому розділі роботи виконано аналітичний огляд правил виконання візуальних польотів та польотів по приладам (IFR), який показав що використання навігаційної інформації від наземних радіотехнічних засобів (радіомаяків різних типів) значно покращило можливості виконання регулярних рейсів за будь-яких метеоумов.

Приведено опис основних типів наземних радіотехнічних засобів, які використовуються понині для аеронавігаційного забезпечення польотів. До їх складу входять ненаправлені маяків NDB різної дальності дії, всенаправлені маяки VOR та обладнання для визначення відстані DME. Проаналізовано їх основні технічні характеристики та окремо розглянуто їх позначення на сучасних картах Jeppesen.

Матеріал першого розділу представляє собою теоретичну основу для подальшого розвитку дипломного дослідження в плані переходу до етапу моделювання принципів роботи бортових приладів літаків з інформацією від існуючих наземних радіотехнічних засобів, описаних в ньому.

## **РОЗДІЛ 2**

### **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

#### **2.1. Найменування дипломної роботи**

Комп'ютерний комплекс моделювання роботи наземних радіотехнічних засобів забезпечення навігації.

#### **2.2. Підстава для проведення дипломної роботи**

- Навчальний план освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за напрямом підготовки 6.070201 "Аеронавігація" № НМ-14-6.070102-2/11.

- Наказ ректора про затвердження тем та керівників дипломних робіт №1594/ст від 20.09.2022

#### **2.3. Мета і призначення роботи**

##### **2.3.1. Мета роботи**

Мета роботи – створення програмного комплексу та завдань для моделювання роботи радіотехнічних засобів забезпечення навігації.

##### **2.3.2. Призначення роботи**

Дипломна робота призначена для систематизації науково-технічної інформації про існуючі типи наземних радіотехнічних засоби, які використовуються авіацією для виконання польотів по приладам, а також розробки програмного комплексу, який дозволяє відпрацьовувати навички налаштування бортових навігаційних приладів на прийом з подальшою інтерпретацією інформації, одержаної від радіомаяків різних типів.

#### **2.4. Вихідні дані для проведення роботи**

Дипломна робота виконується вперше з використанням матеріально-технічного забезпечення та наукового супроводження лабораторії супутникових систем кафедри АНС. Під час роботи використовується напрацьований науковий і технічний досвід:

1. Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні. – К., 2001. – С. 2.

## **2.5. Очікувані наукові результати і порядок їхньої реалізації**

### **2.5.1. Очікувані наукові результати**

Внаслідок виконання роботи очікуються наступні наукові результати:

- систематизація науково-технічної інформації про існуючі типи наземних радіотехнічних засобів;
- аналіз характеристик різних типів радіомаяків та зв'язку дальності дії з потужністю встановленого передавача;
- пропозиції з можливості використання існуючих онлайн-симуляторів для відпрацювання навичок налаштування бортових навігаційних приладів на прийом з подальшою інтерпретацією інформації, одержаної від радіомаяків різних типів. ;
- комплекс рекомендацій з використання комп'ютерного комплексу в навчальному процесі кафедри аеронавігаційних систем Національного авіаційного університету.

### **2.5.2. Порядок реалізації наукових результатів**

Отримані наукові результати можуть бути використані:

- при постановці нових лабораторних робіт в дисциплінах «Повітряна навігація», «Основи радіонавігації та радіолокації».

## **2.6. Вимоги до виконання роботи**

Дипломна робота повинна виконуватись у відповідності до методичних рекомендацій до виконання магістерських дипломних робіт для студентів напряму підготовки 6.070102 «Аеронавігація» та ДСТУ 3973-2000 «СРПШВ. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення».

Пояснювальна записка оформлюється у відповідності до вимог ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки».

## **РОЗДІЛ 3. СИМУЛЯТОР ІНДИКАЦІЇ НАВІГАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВІД НАЗЕМНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ**

В розділі виконується огляд симулятора індикації навігаційної інформації в кабіні пілота, яка одержується в результаті прийому сигналів від наземних радіотехнічних засобів. Аналізуються можливості використання його як інструмента для постановки комплексу завдань, які можуть бути виконанні самостійно з метою одержання практичних навичок роботи з бортовими навігаційними приладами.

### **3.1 Огляд інтерфейсу симулятора FERGO IFR SIMULATOR**

За посиланням <https://www.fergonez.net/projects/ifrsimulator/> в мережі Інтернет знаходиться симулятор Fergo IFR Simulator, створений в 2020 році.

Даний симулятор дозволяє створювати сценарії імітації роботи приладів в кабіні пілота з даними всенаправлених маяків VOR та автоматичного радіокомпаса ADF.

Можливості симулятора дозволяють додавати необмежену кількість станцій VOR і NDB, натиснувши кнопки «Add VOR» і «Add NDB» у верхній частині. При цьому станціям призначається випадковий ідентифікатор і частота. Частота може бути змінена користувачем шляхом натискання на її значення на бічній панелі NAVAIDS. Також користувач може довільно змінити розташування станції, клацнувши та перетягнувши її значок. Щоб видалити станцію, необхідно натиснути червоний значок кошика на бічній панелі. Крім того можна натиснути кнопку «Clear all», щоб видалити всі відмітки радіотехнічних засобів одночасно.

Зазначені можливості інтерфейсу є доволі зручними для можливості створення різних сценаріїв моделювання польотів за приладами, коли використовується інформація з відповідних пристроїв індикації.

Розглянемо детально інтерфейс симулятора.

При переході по посиланню на симулятор у вікні інтернет-браузера відкривається вітальне вікно (рис. 3.1).

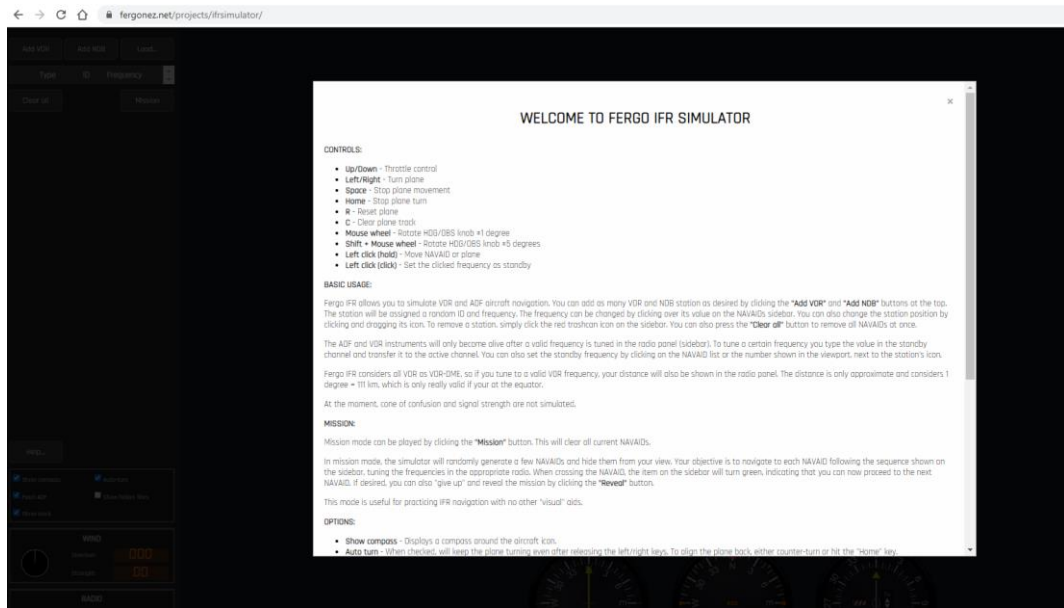


Рисунок 3.1 – Вітальне вікно інтерфейсу

Серед іншого ньому міститься інформація про функції кнопок, якими здійснюється керування (рис. 3.2).

#### CONTROLS:

- Up/Down - Throttle control
- Left/Right - Turn plane
- Space - Stop plane movement
- Home - Stop plane turn
- R - Reset plane
- C - Clear plane track
- Mouse wheel - Rotate HDG/OBS knob  $\pm 1$  degree
- Shift + Mouse wheel - Rotate HDG/OBS knob  $\pm 5$  degrees
- Left click (hold) - Move NAVAID or plane
- Left click (click) - Set the clicked frequency as standby

Рисунок 3.2 – Функції кнопок керування

Зазначені функції наступні:

- кнопка вгору/вниз дозволяє відповідно збільшувати або зменшувати швидкість руху літака;
- вліво/вправо здійснює відповідний поворот відносно повздовжньої осі літака;
- пробіл – зупиняє рух літака;



- кнопка Home зупиняє обертання (поворот) літака;
- R повертає літак в початкове положення;
- C очищує промальований трек літака в результаті його переміщення по полю симулятора;
- обертання коліщатка миші змінює налаштування курсу HDG/OBS з кроком в 1 градус;
- обертання коліщатка миші з натиснутою клавішею Shift змінює налаштування курсу HDG/OBS з кроком в 5 градусів;
- утримування натиснутою лівої кнопки миші дозволяю вхопити і перемістити радіонавігаційний засіб або літак в нове положення;
- подвійний клік на частоті дозволяє перейти до її зміни.

Закривши вітальне вікно ми потрапляємо до головного вікна симулятора, яке має вигляд, приведений на рис. 3.3. Воно містить бічну панель зліва (блоки 1 та 2 на рис. 3.3), основне поле з позначкою літака (блок 3) і індикатори ADF, магнітного компаса та CDI по центру знизу або з невеликим зміщенням вправо в залежності від налаштувань монітора (блок 4).

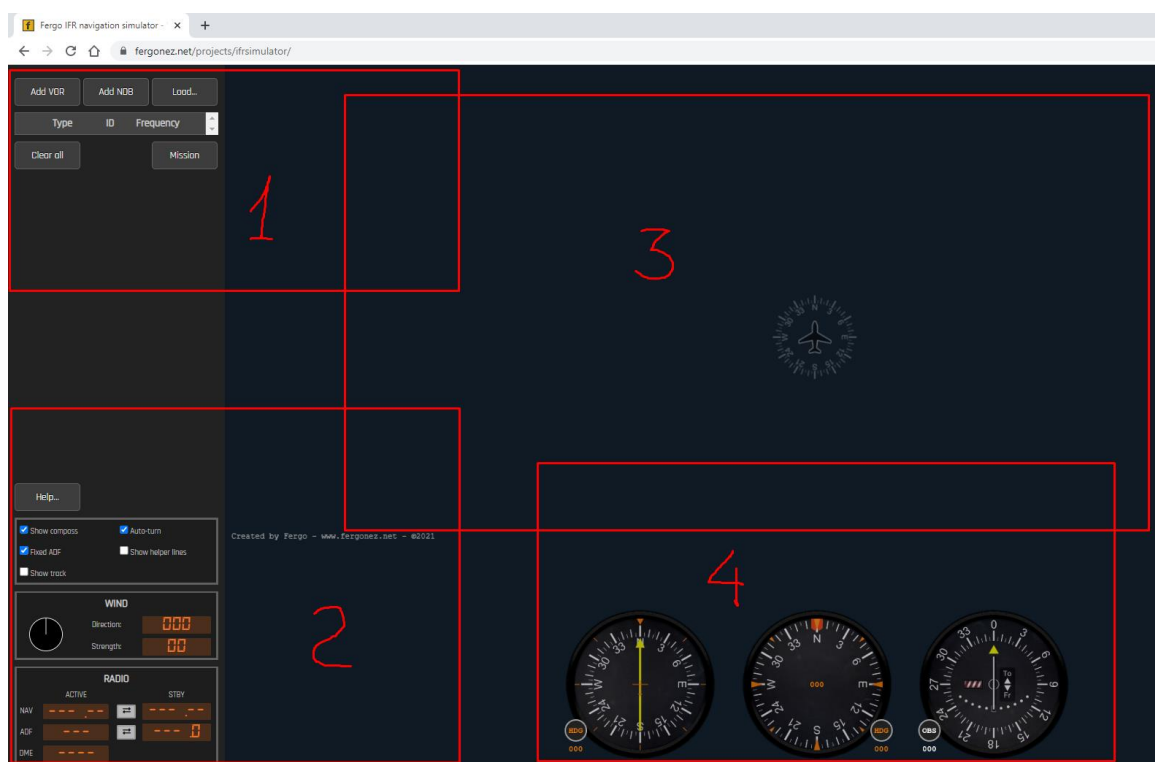


Рисунок 3.3 – Головне вікно симулятора.

В блоці 1 (рис. 3.4) знаходяться кнопки додавання на поле симулятора маяків VOR (кнопка Add VOR), NDB (кнопка Add NDB) в ручному режимі або у формі завантаження з попередньо підготовленого файлу (кнопка Load...). Також тут розташовані кнопки очистки всього поля симулятора (Clear all) та переходу до режиму виконання комплексного завдання зі знаходження декількох радіонавігаційних засобів в режимі імітації польоту (кнопка Mission).

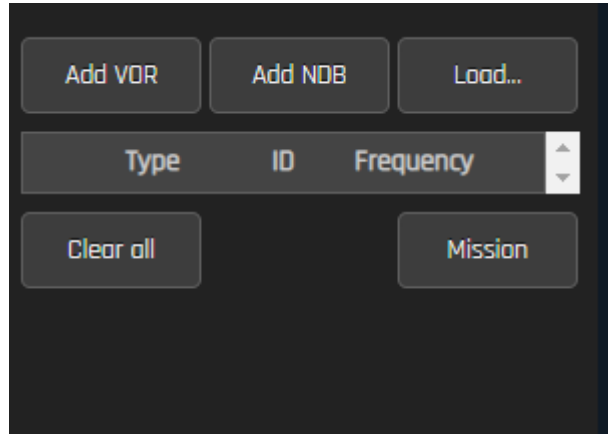


Рисунок 3.4 – Блок 1 головного вікна симулятора (рис. 3.3)

Проміжне поле з інформацією Type, ID та Frequency наповнюється інформацією про тип, кодове позначення і робочу частоту маяків після їх додавання до сценарію і їх появи на полі симулятора, як це продемонстровано на рис. 3.5.

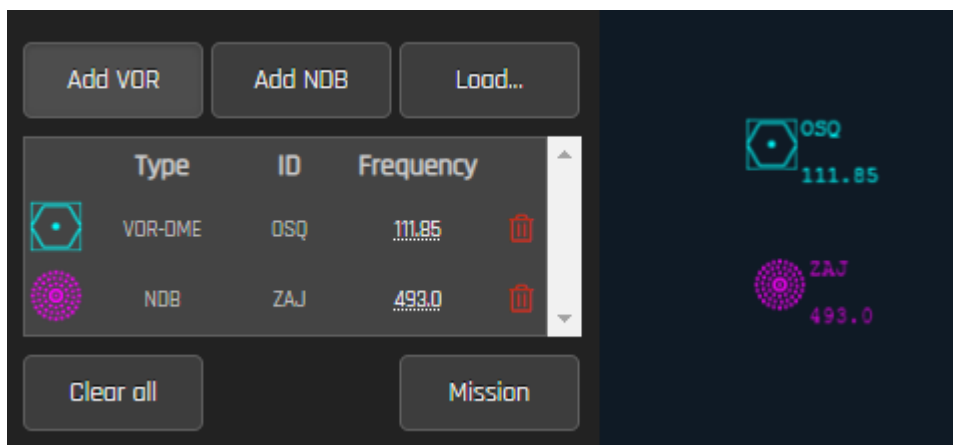


Рисунок 3.5 – Додавання маяків VOR та NDB до сценарію та їх поява на полі симулятора

Позначки маяків VOR та NDB відповідають прийнятим позначенням на аеронавігаційних картах і поряд містять інформацію про кодовий трьох буквенний ідентифікатор і робочу частоту (рис. 3.6).

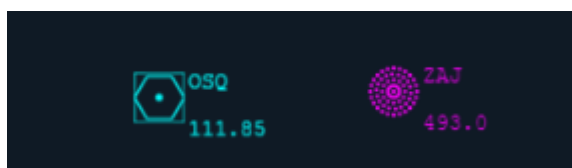


Рисунок 3.6 – Позначення VOR та NDB маяків

Блок елементів керування в лівому нижньому куті, позначений цифрою 2 на рис. 3.3 і цілком приведений на рис. 3.7 містить наступні вибіркові опції налаштувань. Виведення або відключення компасу поряд з позначкою літака, фіксація шкали пристрою ADF або можливість її обертання для встановлення певного курсу, відтворення або навпаки очищення треку пройденого шляху за літаком, а також включення/виключення додаткових допоміжних ліній, які є зручними на етапі пояснення принципу зчитування інформації з індикаторів навігаційних приладів.

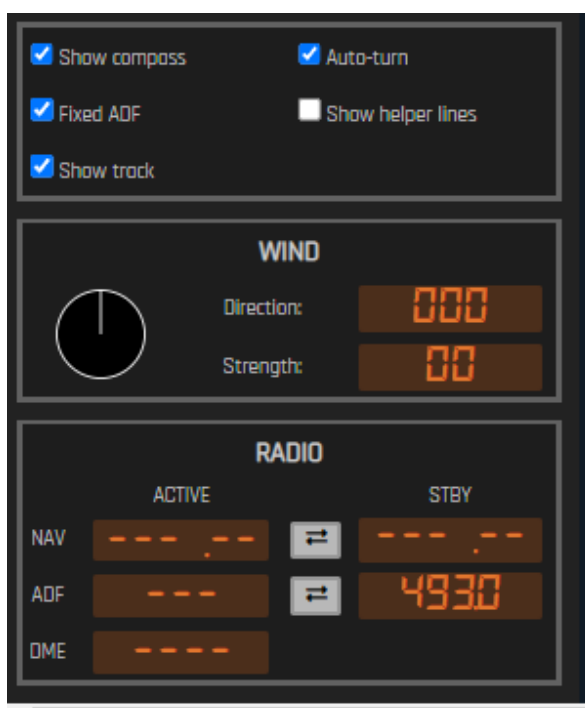


Рисунок 3.7 – Блок 2 головного вікна симулятора (рис. 3.3)

На рис. 3.8 приведено варіант можливого вибору опцій і результат на екрані вікна симулятора. З позиції літака починають відтворюватись допоміжні лінії, які дозволяють порівняти покази індикатора магнітного курсу і курсу радіостанції зі значеннями, які формують в перетині білої та жовтої стрілок зі шкалою компаса навколо позначки літака.

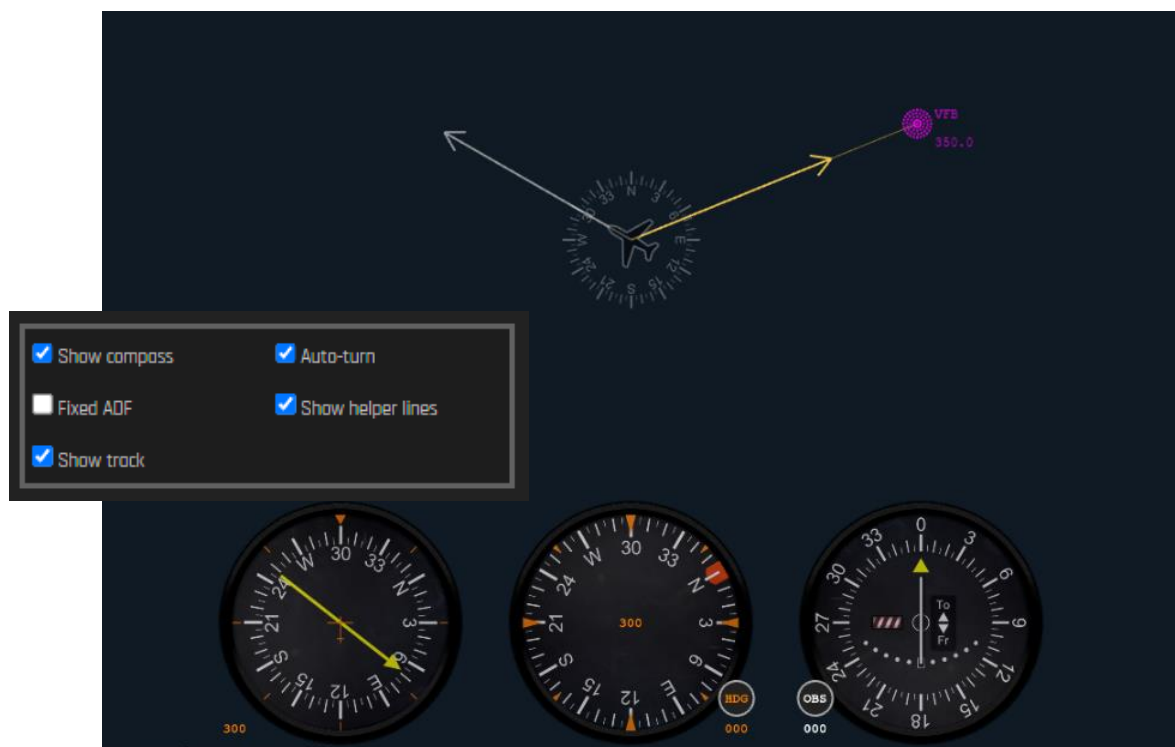


Рисунок 3.8 – Пояснення показів приладів за шляхом побудови допоміжних ліній відносно осі літака

Наступне поле позначене як WIND дозволяє вводити до сценаріїв симуляції польоту умови впливу вітру. Він може задаватись з різними значеннями напрямку та сили, які можуть бути введені як числовим способом у поля Direction та Strength (рис. 3.9), так і з використанням допоміжного регулятора збоку, який керується комп'ютерною мишею.



Рисунок 3.9 – Налаштування вітру

Найнижче в блоці 2 знаходиться панель RADIO (рис. 3.10), яка використовується для налаштування на робочі частоти обраних наземних радіотехнічних засобів з подальшим переведенням цих частот в статус активних (поле ACTIVE) або таких, що знаходяться в режимі очікування (поле STBY). В останньому полі відтворюється інформація від бортового приймача DME про віддаль від точки розташування відповідного маяка (як і на практиці в симуляторі він комбінується з маяками VOR).



Рисунок 3.10 – Панель набору частот маяків VOR та NDB та індикації інформації від DME приймача

Найбільшим за площею є поле симуляції (рис. 3.11), на якому відбувається політ літака у двовимірній площині в оточенні різних наземних радіотехнічних засобів, інформація від яких може поступати на бортові прилади індикації.

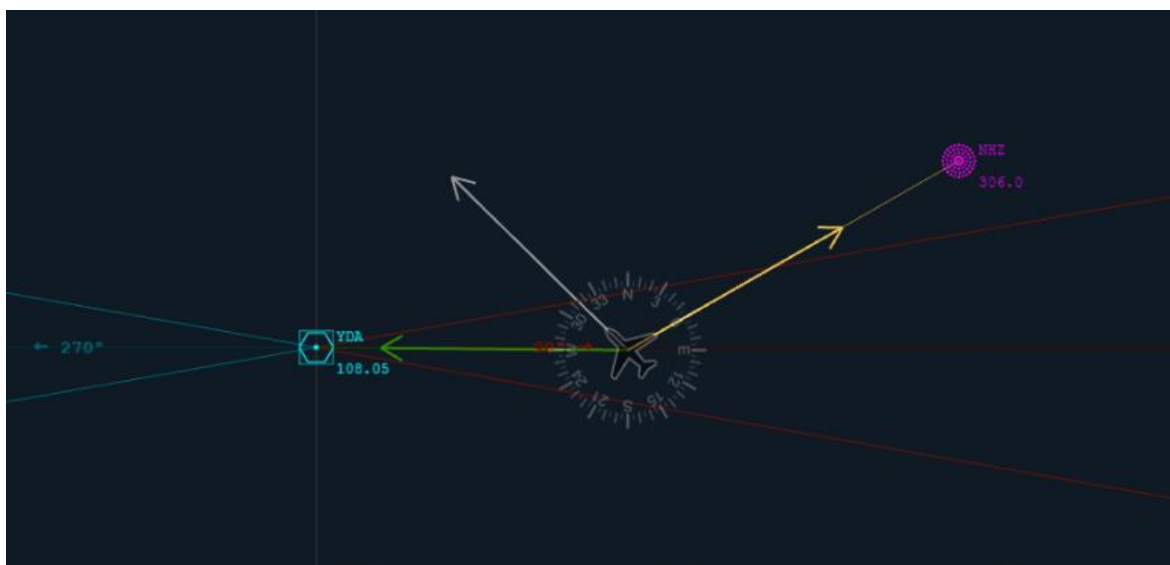


Рисунок 3.11 – Позначка літака на полі симуляції польоту

Блок 4 на рис. 3.3 містить приладі індикації навігаційної інформації для пілота. На рис. 3.12 в крайньому лівому положенні знаходиться індикатор радіокомпаса ADF, в центральному індикатор магнітного курсу, в крайньому правому – пристрій CDI індикації відхилення від заданого радіалу відносно VOR

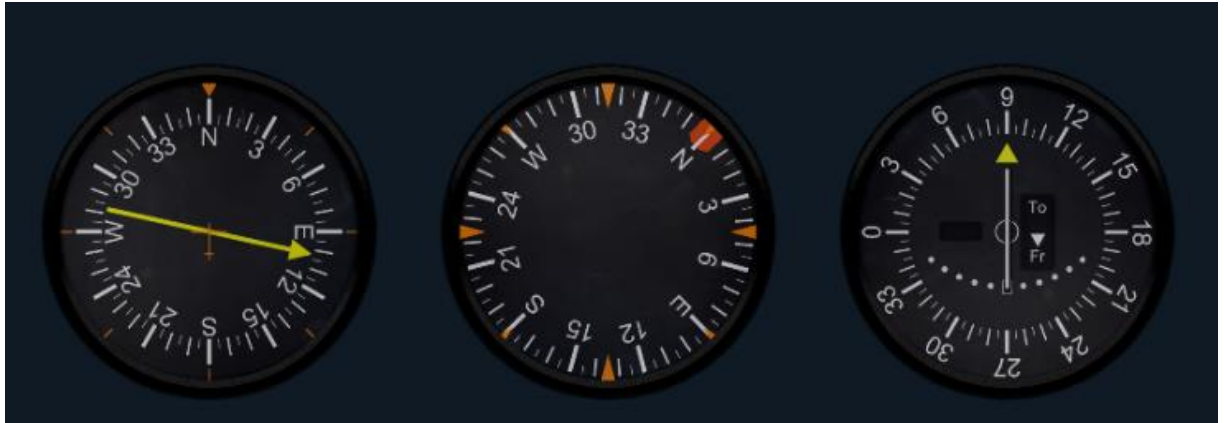


Рисунок 3.12 – Бортові пристрої індикації навігаційної інформації

В наступних розділах розглянемо кроки налаштування та роботи кожного індикатора з інформацією від заданого наземного радіотехнічного засобу навігації у вигляді навчальних сценаріїв.

### 3.2 Сценарій польоту по приладам з використанням NDB

Для реалізації сценарію польоту за приладами з використанням даних від NDB на першому кроці необхідно детально розглянути алгоритм налаштування бортового радіо компасу (або пристрою ADF) на роботу з конкретним радіомаяком або радіостанцією. Пілот повинен знати її буквенний ідентифікатор та робочу частоту. Ця інформація може бути знайдена на аеронавігаційних картах. В симуляторі ми маємо можливість створювати певну кількість NDB маяків і далі зчитати цю інформацію з відповідних полів для послідовного перевлаштування між ними. Додаємо 3 NDB тричі натиснувши кнопку Add NDB. В результаті на полі симулятора мають з'явитись 3 позначки NDB маяків з ідентифікаторами та частотами (рис. 3.13).

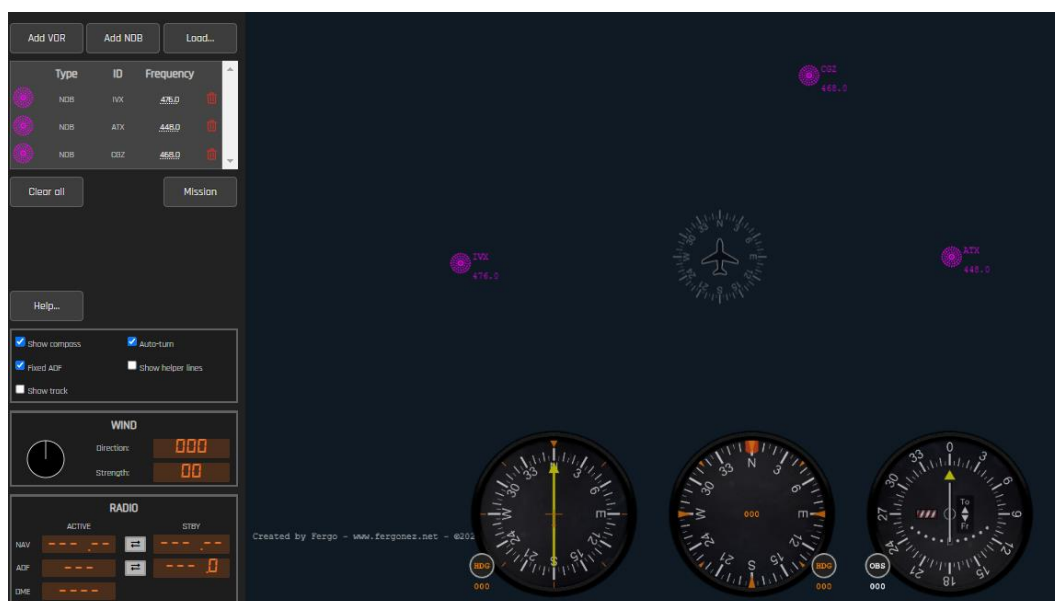


Рисунок 3.13 – Бортові пристрої індикації навігаційної інформації

Стрілка ADF пристрою залишається у центральному положенні до моменту поки не відбудеться налаштування на частоту конкретного маяка. Це виконується шляхом набору його частоти. Маючи вибір з трьох маяків ми маємо можливість послідовно налаштуватись на кожен з маяків, одержавши інформацію про курсовий кут на кожен із них. Результати відповідних налаштувань приведені на рис. 3.14 – 3.16.

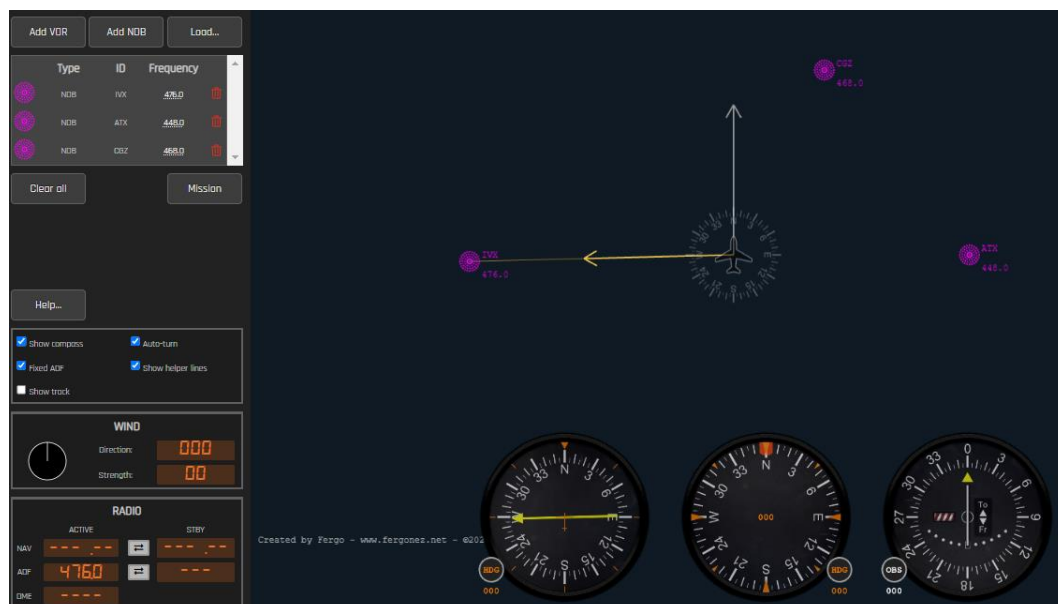


Рисунок 3.14 – Результат налаштування радіокомпасу на частоту першого NDB маяка

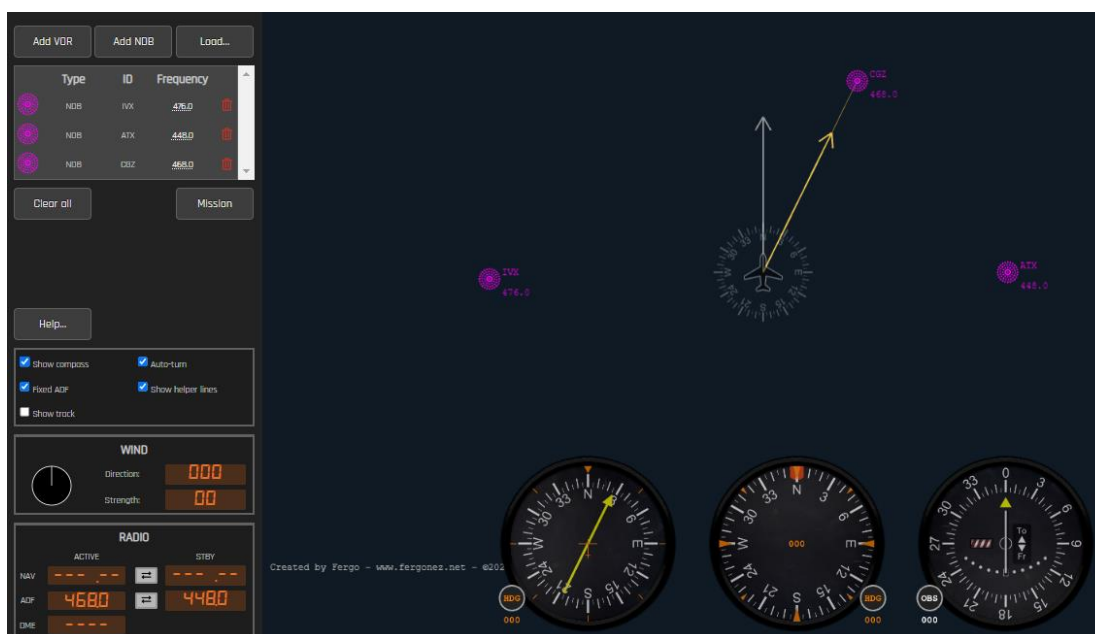


Рисунок 3.15 – Результат налаштування радіокомпасу на частоту другого NDB маяка



Рисунок 3.16 – Результат налаштування радіокомпасу на частоту третього NDB маяка

Одержаний результат демонструє як важливо правильно налаштуватись на потрібну частоту, оскільки літак може знаходитись в зоні дії декількох ненаправлених маяків NDB і індикація курсового кута на кожен із них абсолютно різна.

Покази бортового радіокомпасу можуть бути використані для орієнтації повздовжньої осі літака в напрямку ненаправленого радіомаяка, що дозволить прилетіти в позначену ним точку шляху. Для того аби пересвідчитись що при



цьому політ не завжди проходитиме по прямій лінії необхідно задати умови вітру і спробувати виконати політ, керуючись показами радіокомпаса, налаштованого на заданий ненаправлений маяк.

Створення маршруту польоту за рахунок послідовного проходження точок встановлення ненаправлених маяків передбачає розташування відповідної кількості NDB маяків на полі симуляції. А сам політ послідовне перевлаштування частоти радіокомпаса на робочу частоту наступного маяка на маршруті (рис. 3.17)



Рисунок 3.17 – Побудова складного маршруту за рахунок встановлення декількох NDB маяків в точках шляху

Після відпрацювання навичок налаштування радіокомпаса на робочу частоту необхідного маяка та побудови маршруту з використанням декількох маяків є можливість перейти до режиму Місія, особливістю виконання якого є симуляція польоту по приладам, коли пілот одержує лише інформацію від приладів індикації і керуючись ними має спрямовувати літак від однієї точки шляху до іншої. З огляду на навчальне спрямування цього симулятора саме такий режим має більшу цінність для одержання практичних навичок розуміння показів відповідних приладів. Тому розглянемо більш детально створення і проходження навчального сценарію у режимі Місія з використанням даних лише від маяків NDB.

### 3.3 Режим Mission з використанням NDB

Для створення навчального сценарію у режимі Місія необхідно в блоці 1 (рис. 3.3) натиснути на кнопку Mission (рис. 3.18).

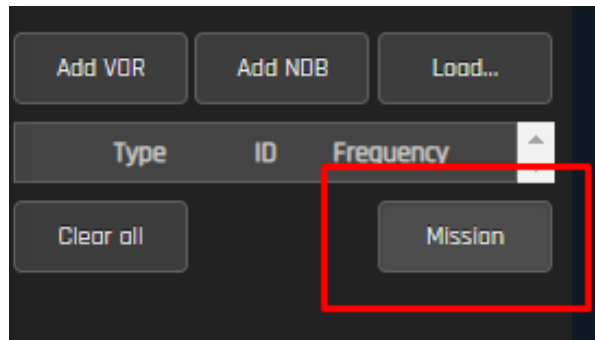


Рисунок 3.18 – Кнопка переходу в режим Місія

Після цього на полі симулятора довільно розставляються наземні маяки, точні позиції яких від користувача приховані, а доступним є їх перелік і робочі частоти (рис. 3.19).

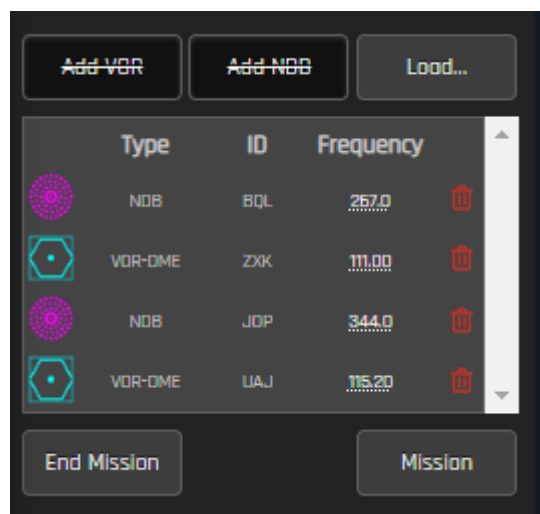


Рисунок 3.19 – Перелік розставлених по полю симулятора маяків і їх робочих частот

З опцій редагування залишається можливість видаляти окремі маяки із загального списку. Це дозволяє сформувати навчальний сценарій Місії, який буде містити лише маяки одного типу, в даному випадку – NDB. Якщо під час включення режиму місія випадковим чином в перелік маяків попала недостатня кількість маяків необхідного типу, то можна повторити натискання кнопки Mission декілька разів, після кожного аналізуючи сформований набір. Мета –

одержати набір, в якому присутні щонайменше 3 маяки NDB. Якщо присутні також маяки VOR, то їх для цього режиму рекомендовано видалити натискаючи на корзину, поряд з їх відміткою, як це показано на рис. 3.20 – 3.21.

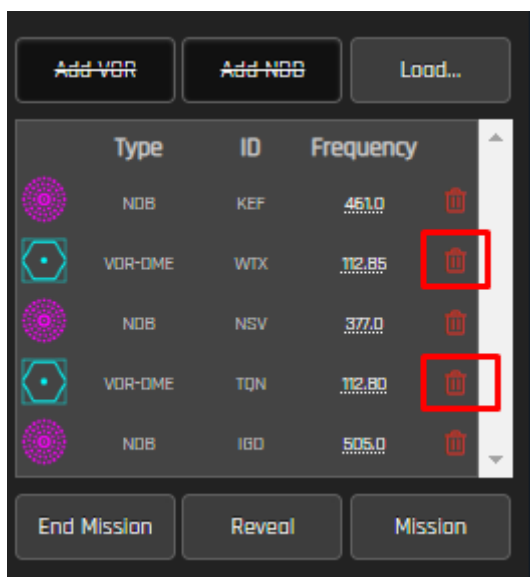


Рисунок 3.20 – Видалення маяків VOR

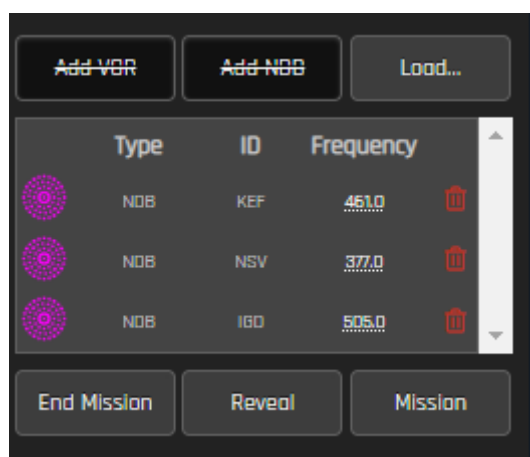


Рисунок 3.21 – Сценарій місії повністю складається з ненаправлених маяків NDB

Як вже було зазначено вище в режимі Місія навчальне завдання полягає в тому аби знайти шляхом прольоту над ними всі задані в списку наземні радіотехнічні навігаційні засоби – маяки. Тому на полі симулятора розташування маяків не відображається і на початку виконання місії на полі розташовано позначку літака, який може бути спрямований в будь-якому напрямки (мати будь-який початковий курс).

Для успішного проходження місії необхідно послідовно налаштовувати приймач ADF на робочу частоту маяка зі списку і використовуючи покази бортового індикатора спрямувати літак в напрямку цього маяка для прольоту над ним. В початковий момент налаштування на частоту стрілка індикатора ADF відхилиться в сторону вказуючи кут між повздовжньою віссю літака і напрямом на маяк (рис. 3.22). Подальші дії мають бути спрямовані на те, аби стрілками руху спрямувати літак в напрямку маяка, для чого необхідно утримувати стрілку індикатора ADF у вертикальному положенні.



Рисунок 3.22 – Початок виконання місії політ до NDB

Після прольоту над цим маяком він починає позначатись в списку зеленим кольором, що засвідчує успішне виконання завдання по виходу в точку, марковану цим маяком (рис. 3.23).



Рисунок 3.23 – Проліт над заданим NDB

Далі необхідно виконати налаштування на частоту наступного маяка в переліку і виконати аналогічні дії з його знаходження. Сценарій місія вважається виконаним після прольоту над всіма маяками і їх відповідного підсвічення зеленим кольором (рис. 3.24).

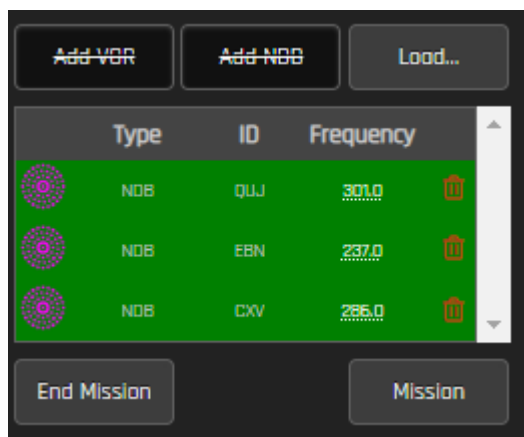


Рисунок 3.24 – Підсвічення зеленим всіх відкритих маяків

Одразу після проходу над останнім із заданого переліку всі маяки стають видимими на полі симуляції (рис. 3.25)

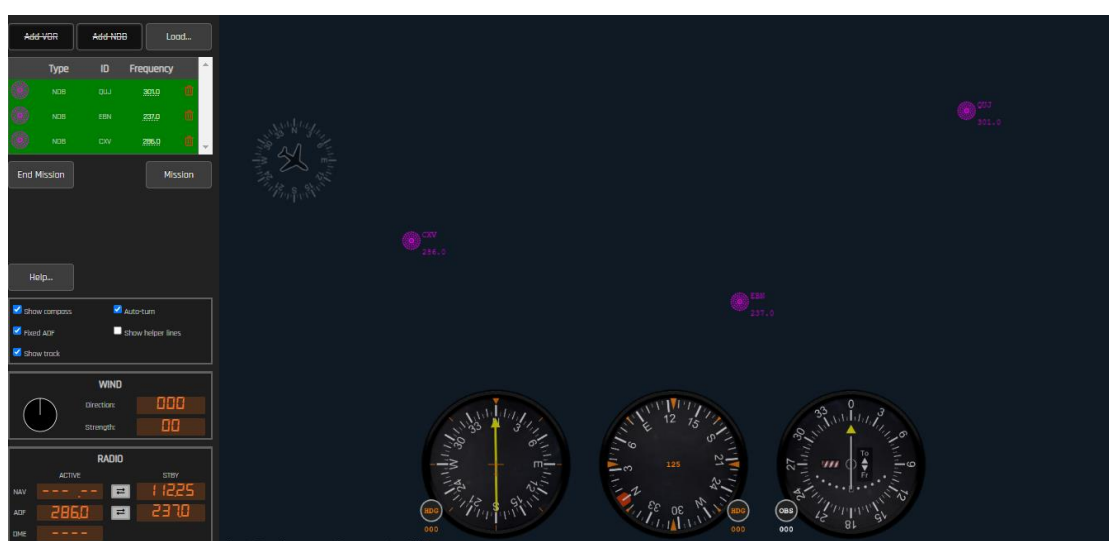


Рисунок 3.25 – Завершення місії політ над NDB

Ускладнення даного сценарію-завдання можна досягти введенням до умов польоту бокового вітру, що змусить вносити корегування курсу літака в процесі руху до маяка, що на практиці компенсується розрахунком кута зносу.

### 3.4 Сценарій польоту по приладам з використанням CDI

Бортовий пристрій індикації відхилення від заданого курсу (CDI - Course Deviation Indicator) інформує пілота про розташування літака відносно заданого радіала до або від VOR маяка. Можливості досліджуваного симулятора дозволяють відпрацювати навички налаштування CDI та правильної інтерпретації його показань. Розглянемо етапи додавання на поле симуляції VOR маяка і налаштування роботи з навігаційною інформацією, яка від нього одержується.

Як і у випадку додавання одного маяка NDB для початку роботи з VOR маяком в симуляторі необхідно натиснути кнопку Add VOR, що призведе до появи в таблиці нижче та на полі симулятора випадкового маяка VOR із зазначенням його робочої частоти (рис. 3.26-3.27).

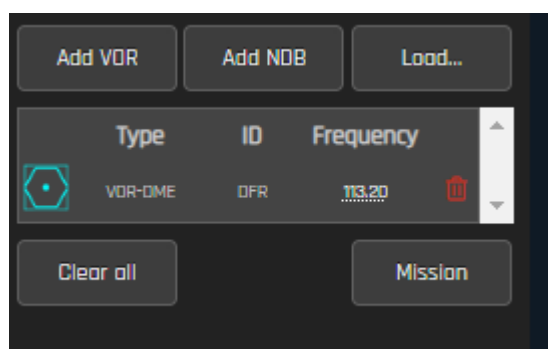


Рисунок 3.26 – Результат додавання до симулятора VOR маяка

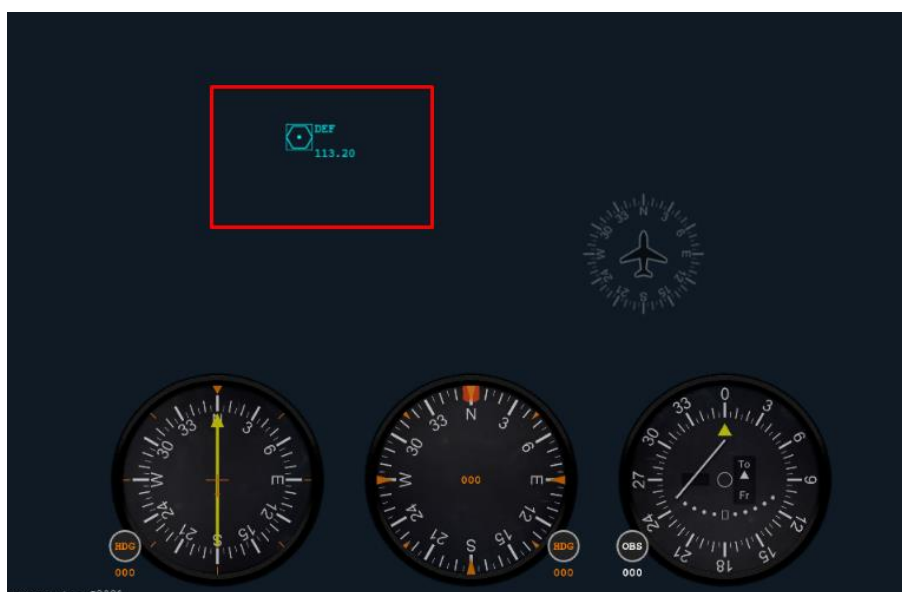


Рисунок 3.27 – Поява VOR маяка на полі симуляції

Для налаштування бортового пристрою індикації і роботи з необхідним VOR маяком потрібно встановити на панелі RADIO значення робочої частоти маяка (рис. 3.28). Вона може бути зчитана як поряд з позначкою маяка на полі симуляції, так і з таблиці в блоці 1.



Рисунок 3.28 – Налаштування RADIO на робочу частоту заданого VOR маяка

Якщо у вікні опцій включено режим допоміжних ліній (Show helper lines), то наступні кроки налаштування будуть супроводжені додатковою візуальною інформацією. Відомо, що навігація по VOR маякам передбачає побудову маршрутів і подальше їх дотримання у вигляді радіалів до або від них. Тому для того, аби знайти радіал відносно маяка на якому літак знаходиться в початковий момент часу необхідно здійснити регулювання пристрою індикації, а саме обертання ручки OBS – Omni-bearing selector, показаної на рис. 3.29.



Рисунок 3.29 – Розташування ручки настройки OBS

Обертання регулятора OBS здійснюється наведенням на його положення курсора миші та наступним обертанням її коліщатка – ця дія починає обертання шкали пристрою індикації, таким чином аби знайти радіал на або від цього маяка. Чітким моментом індикації знаходження радіала є момент вертикального положення центральної стрілки всередині індикатора.

На рис. 3.30 це положення було досягнуто в момент становлення значення OBS на рівні 130°.



Рисунок 3.30 – Знаходження поточного радіала від маяка VOR

При цьому позначка To/Fr знаходиться в положенні Fr, що означає наступне: значення визначеного радіала є таким при вимірюванні від маяка на літак (рис. 3.31).

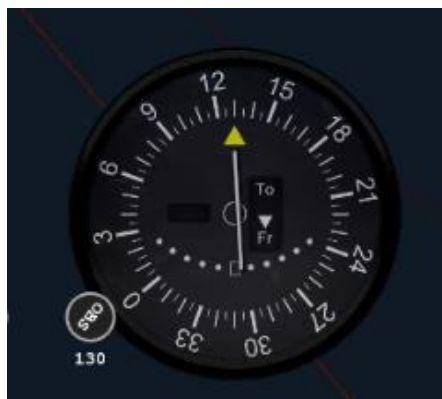


Рисунок 3.31 – Положення індикатора вимірювання радіала – Fr, тобто від маяка до літака



Перевірити це можна продовжуючи обертання OBS. Через певний час індикатор знов займе вертикальне положення, при цьому нове значення радіала відрізнятиметься на  $180^\circ$ .



Рисунок 3.32 – Знаходження поточного радіала у напрямку на маяк VOR

При цьому позначка To/Fr знаходиться в положенні To, що означає що в даному випадку його вимірювання велось від літака на маяк (рис. 3.33).



Рисунок 3.33 – Положення індикатора вимірювання радіала – To, тобто від літака до маяка

### 3.5 Режим Mission з використанням VOR

Аналогічно створенню режиму Місія з використанням маяків NDB розпочати необхідно з натискання кнопки Mission, що призведе до появи переліку радіотехнічних засобів обох типів – як маяків VOR так і маяків NDB. Для створення завдання виключно з маяками першого типу необхідно застосувати опцію редагування списку, а саме по чергово видалити NDB маяки натисканням на позначку корзина поряд з кожним із них (рис. 3.34).

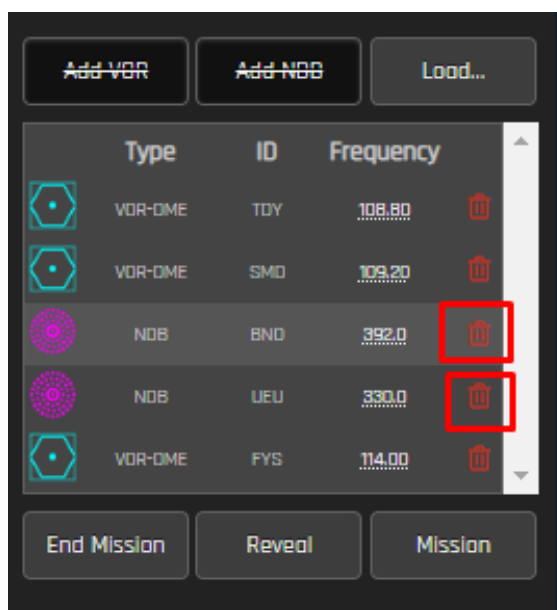


Рисунок 3.34 – Видалення маяків NDB

Після підготовки переліку доступних VOR навчальне завдання полягає у їх послідовному знаходженні на полі симуляції шляхом прольоту літака над кожним із них. Тому необхідно налаштуватись на робочу частоту першого VOR маяка введенням її в поле RADIO і зробити її активною (рис. 3.35).

Після цього необхідно знайти радіал на якому знаходиться літак відносно цього маяка. Це робиться обертанням ручки OBS до моменту знаходження вертикального положення стрілки центрального індикатора. В цей момент необхідно також звернути увагу на відмітку індикатора To/From, яка підкаже який саме варіант пеленгу було зафіксовано – на маяк чи від нього.

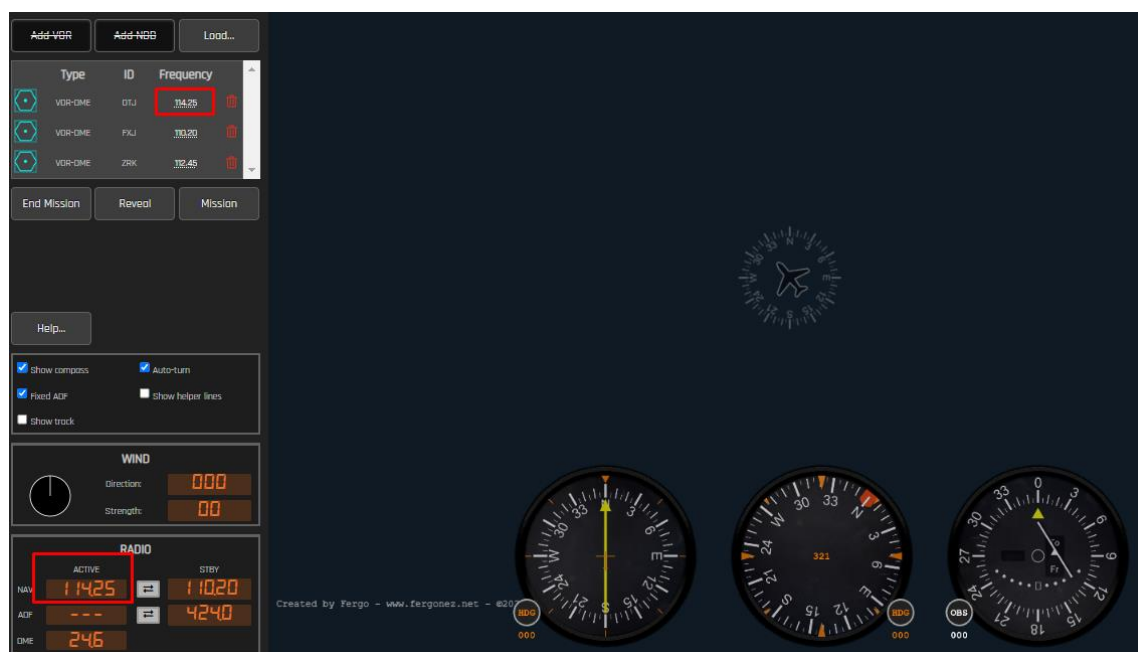


Рисунок 3.35 – Налаштування на робочу частоту VOR маяка

На наступному рисунку (рис. 36) зафіксовано момент виявлення радіала на маяк -  $8^\circ$ . При цьому орієнтація повздовжньої вісі літака не має значення, оскільки даний кут вимірюється між напрямом на магнітну Північ і напрямом на маяк (рис. 3.37).



Рисунок 3.36 – Фіксація радіала на VOR маяк



Рисунок 3.37 – Радіал як кут між напрямом на магнітну Північ і напрямом на маяк, незалежить від магнітного курсу літака

Після знаходження значення радіала на маяк пілот може задати це значення в якості магнітного курсу, який має дотримуватись і почати рух літака у напрямку маяка VOR (рис. 3.38).



Рисунок 3.38 – Встановлення знайденого радіала на VOR маяк в якості магнітного курсу

Оскільки на практиці VOR маяки дуже часто комбінуються з маяками DME, то в досліджуваному симуляторі ця опція також реалізована. І лівому нижньому куті в панелі RADIO можна побачити інформацію від бортового приймача DME, яка повідомляє пілоту похилу відстань до точки встановлення наземного відповідача (рис. 3.39).



Рисунок 3.39 – Індикація відстані до пари VOR-DME

Ця інформація починає відображатись відразу після налаштування на робочу частоту VOR маяка. Вона збільшується при русі в напрямку пари VOR-DME і відповідно зростає при русі в напрямку від їх розташування. Дотримуючись необхідного курсу і слідкуючи за показами індикатора DME пілот успішно приводить літак в точку, задану цим навігаційним засобом (рис. 3.40)

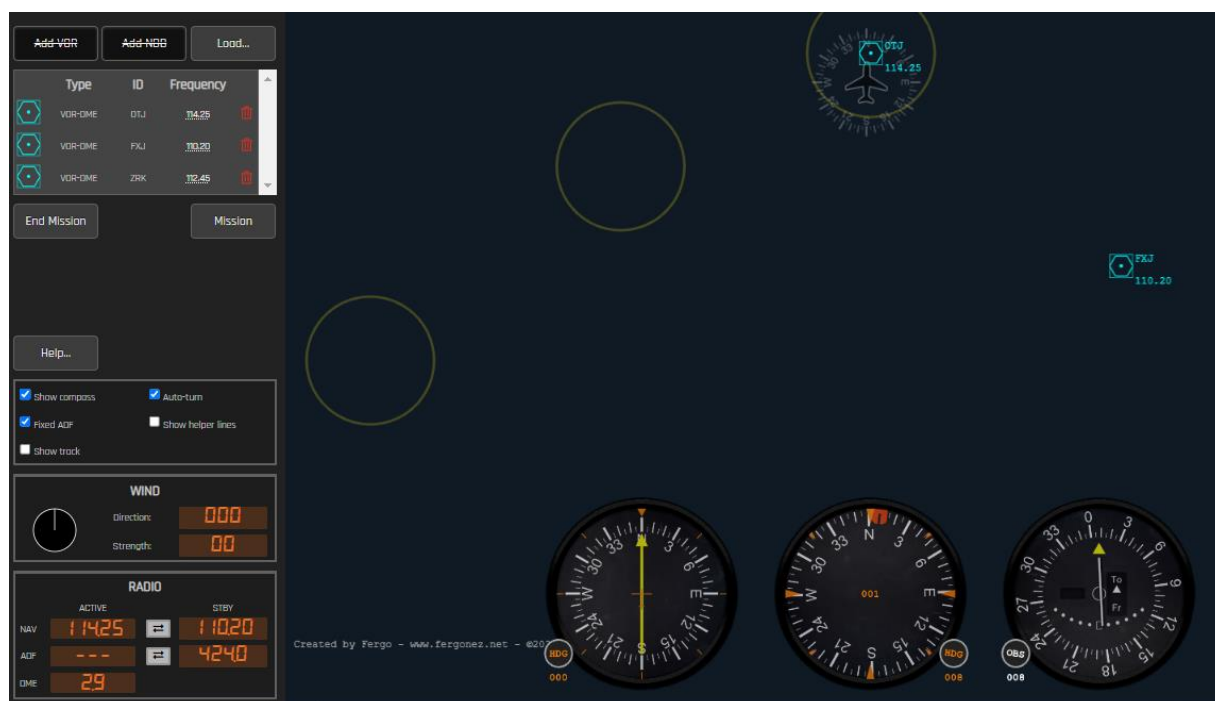


Рисунок 3.40 – Досягнення точки над заданим VOR маяком

Успішно пройшовши задану точку маршруту пілота необхідно здійснити налаштування RADIO на робочу частоту наступного VOR-маяка і після цього виконувати аналогічні описаним вище операції.

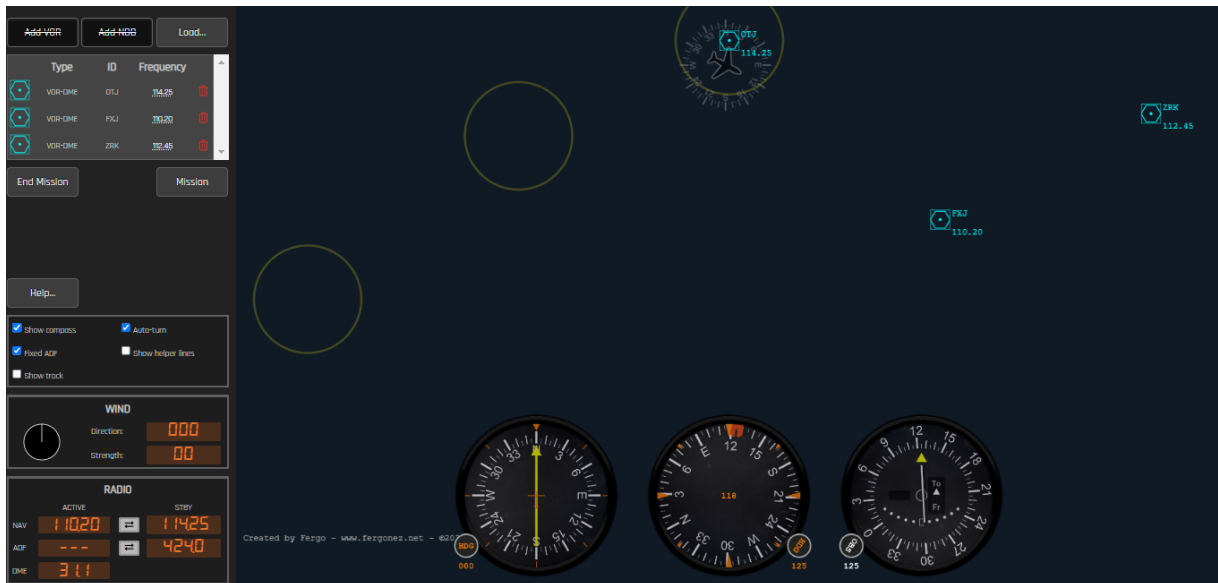


Рисунок 3.41 – Налаштування на робочу частоту наступного радіонавігаційного засобу на маршруті

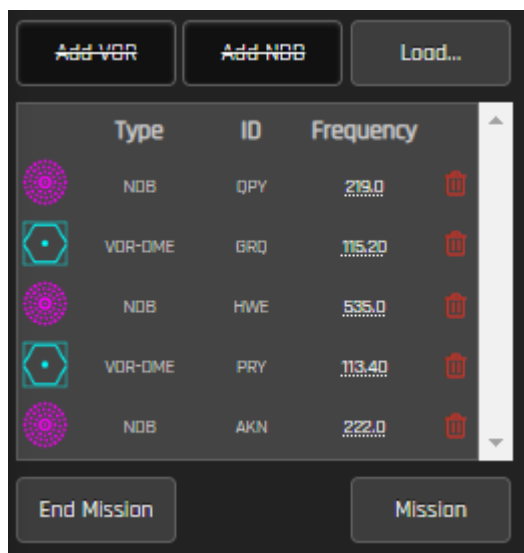
### 3.6 Сценарії польотів по маршрутам, побудованим з використанням маяків NDB та VOR

На практиці повітряні траси містять радіонавігаційні засоби обох розглянутих типів – і маяки NDB, які часто виконують функції приводних маяків, і маяки VOR. Тому в моделюваннях які спрямовані на виконання насамперед навчальних задач доцільно приділити увагу питанням виконання місій зі знаходження (прольоту) обох типів маяків, а також побудови маршрутів, які містять точки, задані перетинами ліній положення відносно них.

Вбудований в симулятор режим Місія в загальному випадку якраз і передбачає довільне розставлення на полі симуляції маяків NDB та VOR із завданням для того хто проходить завдання послідовно знайти їх усі. Що вимагає при цьому певної концентрації для чіткого визначення який саме радіонавігаційний засіб буде використовуватись наступним і отже який прилад

необхідно налаштувати на прийом навігаційної інформації, як її правильно зчитувати і інтерпретувати.

На наступних рисунках приведені результати запуску режиму Mission, який розпочинається зі спільним списком маяків NDB та VOR (рис. 3.42).



Type	ID	Frequency
NDB	OPY	219.0
VOR-DME	BRQ	115.20
NDB	HWF	535.0
VOR-DME	PRY	113.40
NDB	AKN	222.0

Рисунок 3.42 – Спільний перелік маяків на старті режиму Mission

Проліт над маяком фіксується як успішний в разі проходження певної зони поряд з маяком. Її величину можна оцінити натиснувши кнопку Reveal, що призведе до відтворення на полі симуляції всіх розставлених маяків і зон навколо них (рис. 3.43).

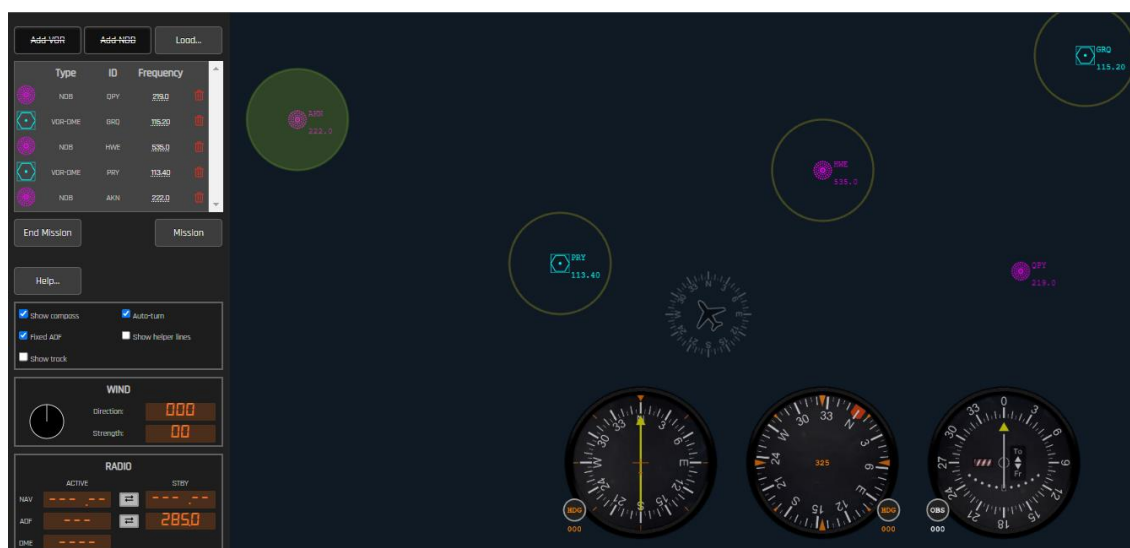


Рисунок 3.43 – Всі маяки на полі симуляції



При спільному використанні в сценарії маяків обох типів з'являється можливість будувати маршрути з поворотними точками, які формуються перетином ліній положення відносно різних маяків, як це показано на рис. 3.44, де літак може рухатись в напрямку маяка NDB за показами ADF до моменту поки на CDI не буде зафіксовано досягнення заданого значення радіала відносно маяка VOR, після чого курс літака змінюється для руху в напрямку цього маяка.



Рисунок 3.44 – Перетин ліній положення заданих різними маяками

### 3.7 Рекомендації по розробці завдань для лабораторних робіт та їх приклади

Можливості розглянутого в попередніх розділах симулятора доцільно використати в навчальному процесі підготовки фахівців в галузі Аеронавігації. Для майбутніх інженерів систем обслуговування повітряного руху важливим є отримання як теоретичних знань з принципів побудови і функціонування сучасної аеронавігаційної інфраструктури і окремих систем, але також не менш важливим є одержання практичних навичок з відпрацювання техніки налаштування бортових пристроїв прийому інформації від радіомаяків. З цією метою доцільно рекомендувати запровадити в навчальний процес ряд лабораторних робіт, приклади яких наведені далі.



Приклад 1.

## ЗАВДАННЯ

Для виконання лабораторної роботи №1  
з дисципліни **Основи радіонавігації та радіолокації**

### **Моделювання роботи бортового пристрою ADF з сигналами приводних ненаправлених маяків NDB**

Мета роботи:

Ознайомитись з принципом роботи автоматичного пеленгатора (ADF) за сигналами ненаправлених приводних маяків (NDB).

Перелік задач до виконання:

- 1 Ознайомитись з теоретичною частиною застосування ненаправлених радіомаяків (NDB) та принципів роботи бортового автоматичного пеленгатора (ADF)
- 2 Запустити он-лайн симулятор, доступний за наступним посиланням:  
<https://www.fergonz.net/projects/ifrsimulator/> .
- 3 Виконати моделювання взаємної роботи бортового автоматичного пеленгатора ADF та ненаправленого маяка NDB.
- 4 На аеронавігаційних картах, доступних за наступним посиланням  
<https://skyvector.com/> вибрати реальний приводний ненаправлений маяк і ввести його до використаної на попередньому етапі моделі.
- 5 До звіту занести основні етапи виконання завдання.
- 6 Зробити висновок про виконану роботу та підготувати звіт з лабораторної роботи.

Приклад 2.

## ЗАВДАННЯ

Для виконання лабораторної роботи №2  
з дисципліни **Основи радіонавігації та радіолокації**

### Моделювання польоту до/від всенаправленого маяка VOR

Мета роботи:

Одержати навички налаштування приладу, який входить до панелі приборів для індикації відхилення від заданого курсу за даними всенаправлених маяків VOR та виконати моделювання польотів до та від всенаправленого маяка VOR із заданим радіалом.

Перелік основних завдань:

- 1 Ознайомитись з теоретичною частиною функціонування всенаправлених маяків VOR та принципами радіонавігації з їх застосуванням.
- 2 Відкрити онлайн симулятор [VOR flight simulator](#) і після додавання одного VOR маяка відпрацювати процедуру налаштування пристрою Course Deviation Indicator (CDI) на прийом навігаційної від цього маяка і визначення його пеленгу.
- 3 В режимі Mission обрати варіант з VOR маяком на першій позиції і для початкового положення літака визначити курс для польоту на цей маяк.
- 4 Очистити попередні моделювання опцією Clear all і після цього розташувати в центрі один VOR маяк. Виконати моделювання польоту літака до цього VOR маяка по радіалу, який в градусах дорівнює номеру студента в списку групи, помноженному на 20.  
**\*Наприклад:** якщо номер в списку 4, то необхідно змодельювати політ по радіалу 80 градусів.
- 5 Зробити висновок про виконану роботу та підготувати звіт з лабораторної роботи.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

В розділі розглянуто функціонал симулятора Fergo IFR Simulator, який дозволяє створювати сценарії роботи бортових пристроїв індикації навігаційної інформації під час польоту літака по приладам. Доступна в симуляторі панель бортових приборів містить радіокомпас (ADF), магнітний компас та індикатор відхилення від заданого курсу (CDI), які працюють з даними від наземних ненаправлених маяків NDB та VOR.

Виконано розробку інструкцій зі створення в симуляторі сценаріїв, які передбачають імітацію польоту з використанням даних лише NDB, лише VOR, NDB та VOR разом, а також інструкції виконання відповідних завдань в режимі Mission.

Розроблено завдання для лабораторних робіт, які можуть бути впроваджені в дисципліну «Основи радіонавігації та радіолокації».

## РОЗДІЛ 4. ЕЛЕМЕНТИ КОМПЛЕКСУ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ НАЗЕМНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВІГАЦІЇ

В розділі наводяться елементи комплексу моделювання роботи наземних радіотехнічних засобів у вигляді прикладів звітів з виконання лабораторних робіт, в ході роботи над якими використовувались можливості описаного в попередніх розділах симулятора Fergo IFR Simulator .

### 4.1 Звіт з виконання лабораторної роботи 1

**Автоматичний пеленгатор (ADF)** працює від наземного сигналу, що передається від ненаправленого маяка (NDB).

**Ненаправлений маяк (NDB)** посилає радіохвилі в усіх напрямках. Антена в літаку вловлює ці радіохвилі, а електронна схема може визначити напрямок цих хвиль. Це працює дуже схоже на те, як наш людський слух може визначати напрямок звуку: невелика різниця в часі (фазі) сигналу з лівої та правої сторони антени перетворюється на кут. Цей кут нам представляє стрілка на індикаторі автоматичного пеленгатора (ADF).

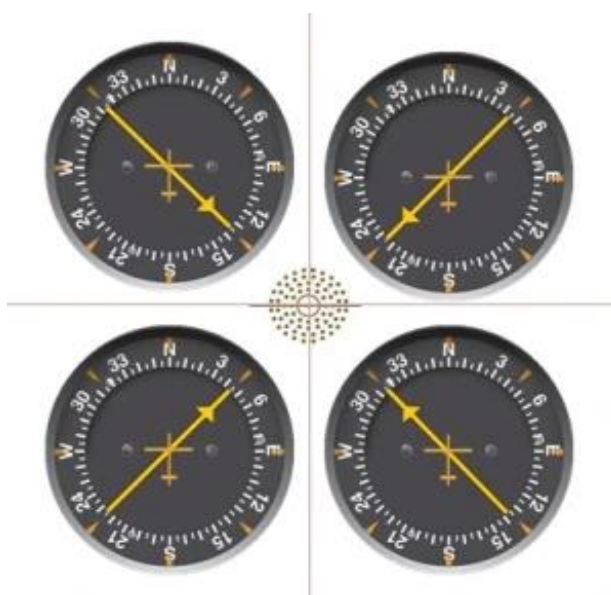


Рисунок 4.1.

Автоматичний пеленгатор (ADF) працює на основі сигналу землі, що передається від NDB. Ранні радіопеленгатори (RDF) використовували той же принцип. Приймач на літаку був налаштований на частоту передачі NDB. Використовуючи рамкову антену, напрямом до (або від) антени можна було б визначити шляхом моніторингу потужності отриманого сигналу. Це стало можливим тому, що радіохвиля, що вражає широку сторону рамкової антени, індукує нульовий сигнал. При попаданні на нього в площину петлі індукується набагато сильніший сигнал. Сигнали NDB модулювалися унікальними імпульсами азбуки Морзе, які дозволяли пілоту визначити маяк, до якого він або вона рухався.

З системами RDF всередині фюзеляжу літака була встановлена велика жорстка рамочна антена. Бічна сторона антени була перпендикулярна поздовжній осі літака. Пілот прислухався до змін у силі сигналу НЧ-трансляції та маневрував літаком, щоб підтримувати поступово зростаючий нульовий сигнал. Це привело їх до передавальної антени. Під час польоту нульовий сигнал поступово зникав, оскільки літак віддалявся від станції. Збільшення або зменшення сили нульового сигналу було єдиним способом визначити, чи летить літак до або з NDB. Відхилення вліво або вправо від курсу спричинило різке збільшення сили сигналу через властивості прийому рамкової антени.

ADF покращив цю концепцію. Діапазон частот мовлення був розширений, щоб включити СЧ приблизно до 1800 кГц. Більше не потрібно було змінювати курс літака, щоб знайти антену передачі мовлення. У ранніх моделях ADF замість нього використовувалася обертова антена. Антена повернулася, щоб знайти положення, в якому сигнал був нульовим. Напрямок на антену мовлення було показано на азимутальній шкалі індикатора ADF в кабіні польоту. Цей тип інструменту використовується і сьогодні. Він має фіксовану картку з  $0^\circ$  завжди у верхній частині необертового циферблата. Показчик вказує відносний пеленг до станції. Коли індикація дорівнює  $0^\circ$ , літак знаходиться на курсі до (або від) станції.

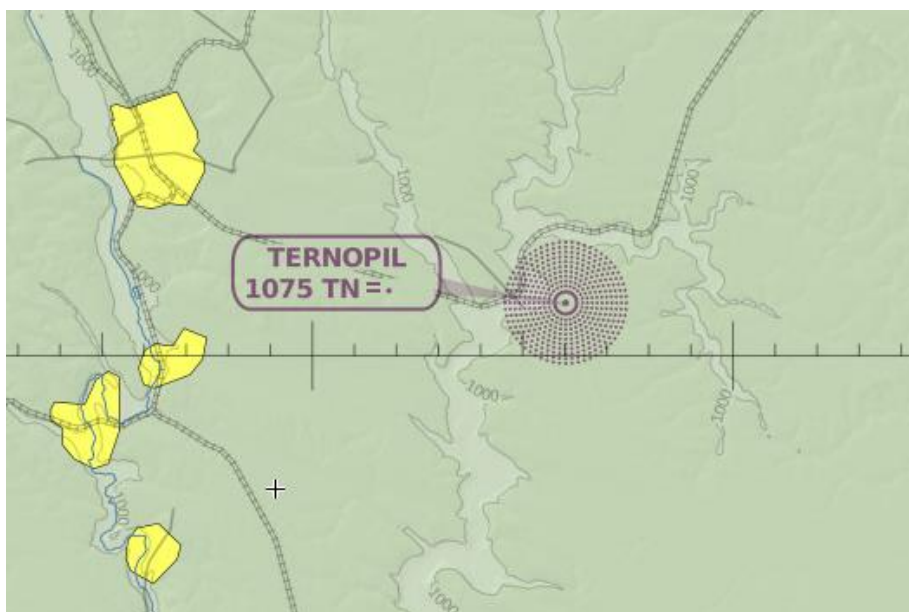


Рисунок 4.2.

### Хід роботи

Після запуску online симулятора, доступного за наступним посиланням:

<https://www.fergonez.net/projects/ifrsimulator/>, відкрилося вікно ознайомлення з **FERGO IFR SIMULATOR** (рис. 4.3), де я і ознайомився з роботою використання цього симулятора.

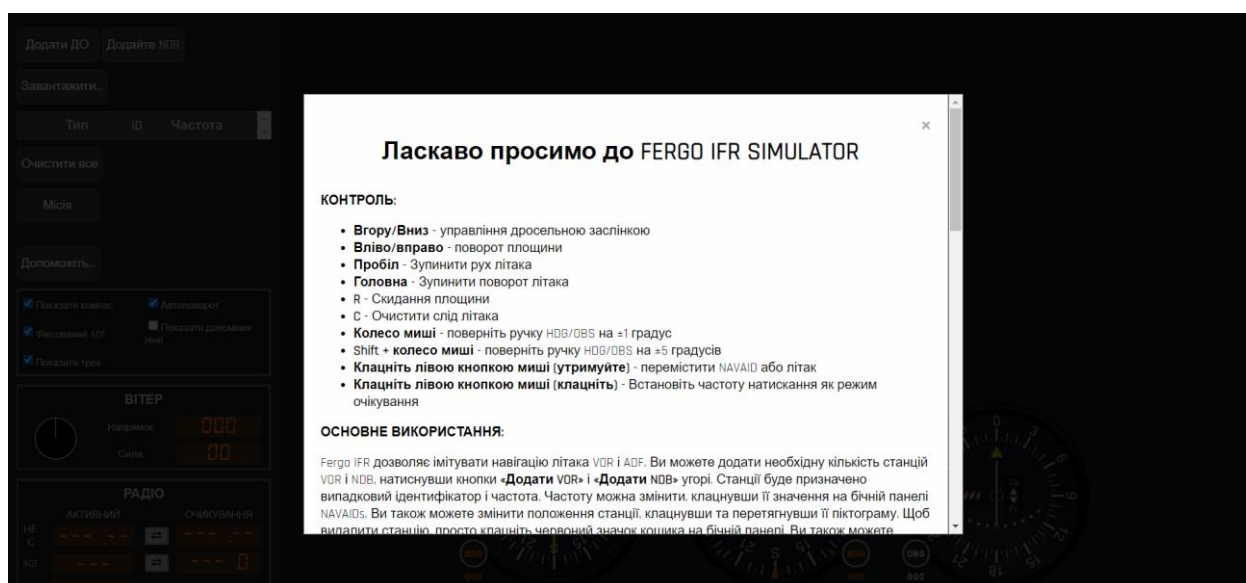


Рисунок 4.3.

Після закриття ознайомленого вікна, відкрився інтерфейс **FERGO IFR SIMULATOR** (рис. 4.4). Інтерфейс має вигляд двовимірного простору (площина), на якій я маю можливість розташувати у будь-якій точці проекцію літака.

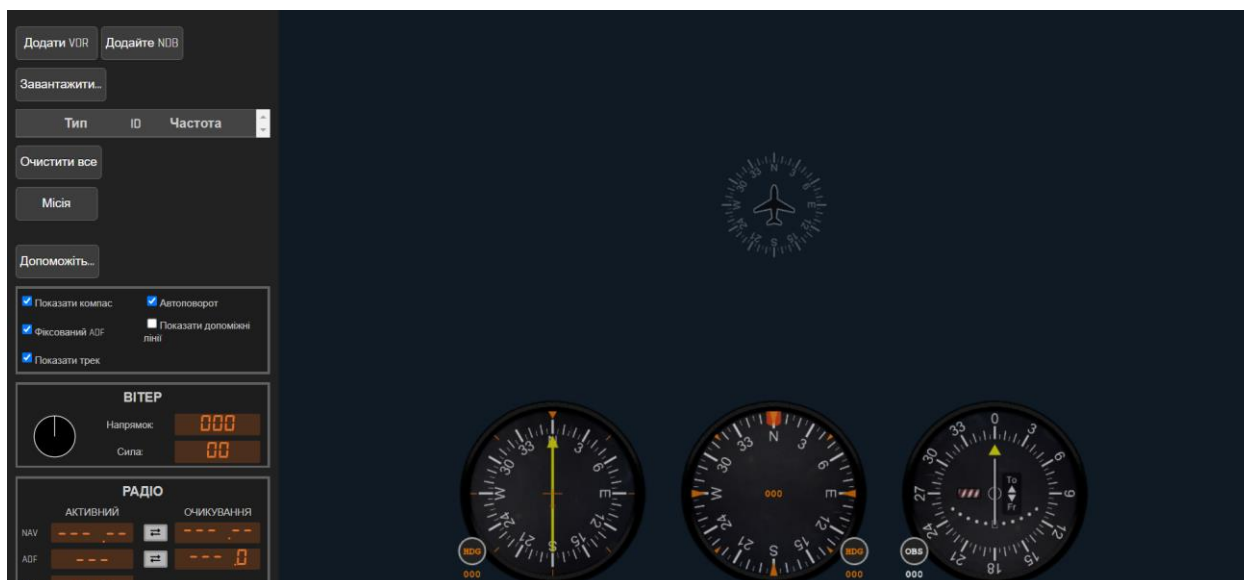


Рисунок 4.4.

На бічній панелі вгорі є можливість додавати необхідну кількість станцій VOR і NDB, натиснувши кнопки «Додати VOR» і «Додати NDB» (рис. 4.5). Але ця лабораторна робота присвячена лише роботі з ненаправленими маяками NDB.

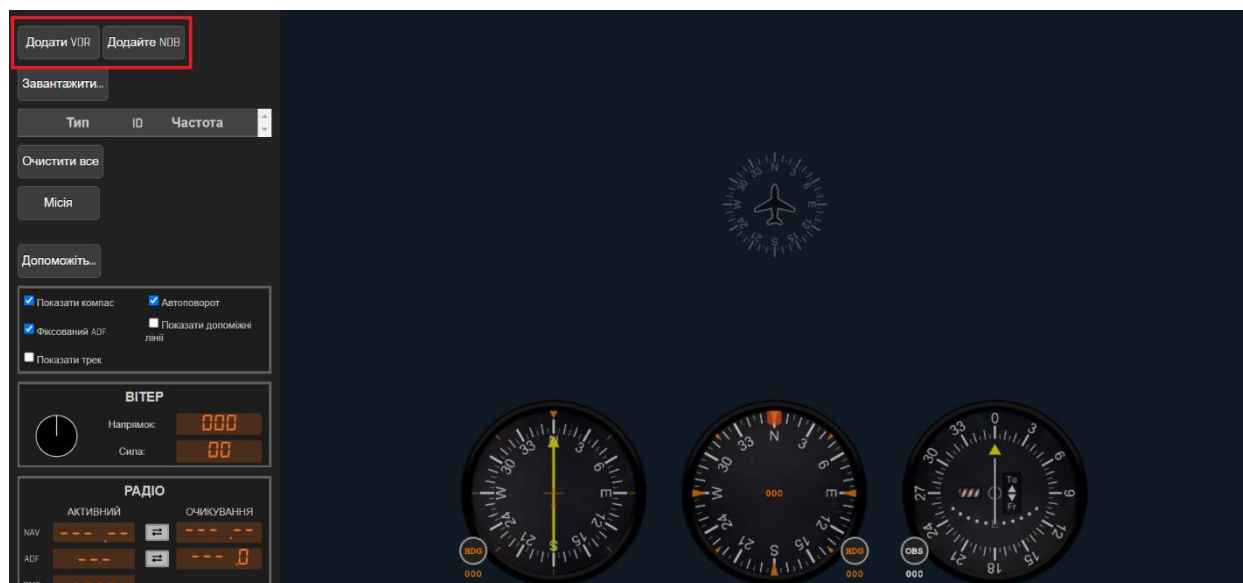


Рисунок 4.5.

Натиснувши кнопку «Додати NDB», на площині у випадковому місці з'явився маяк NDB (рис. 4.6).

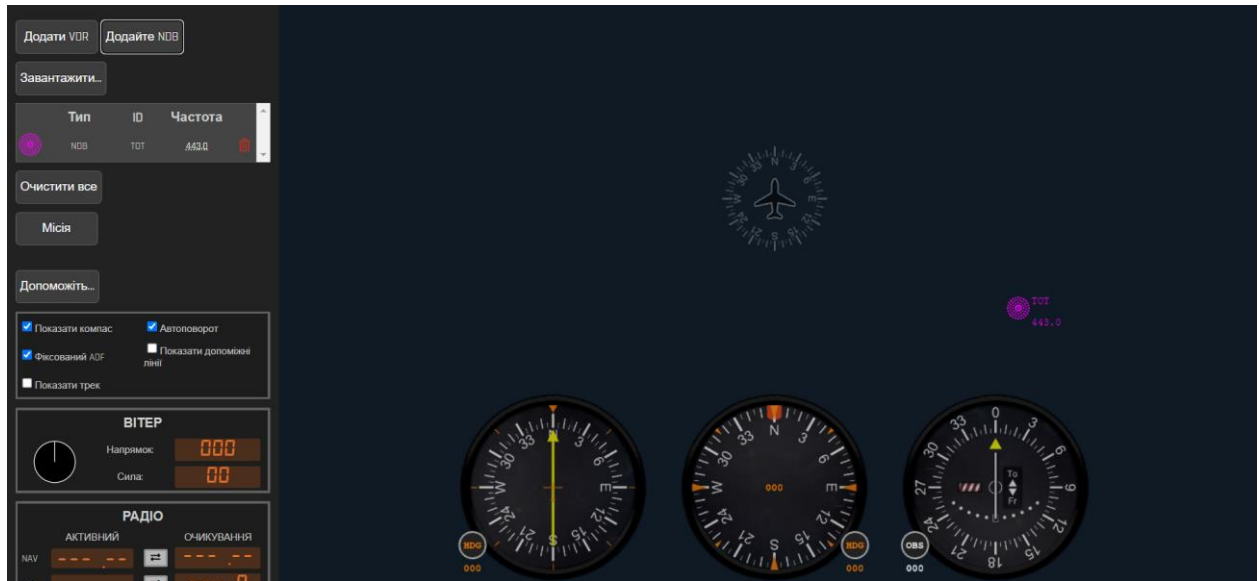


Рисунок 4.6

Незалежно від того, де з'явиться маяк NDB, можна за допомогою курсора миші перемістити його в будь-який край двовимірного простору. (Рис. 7.).

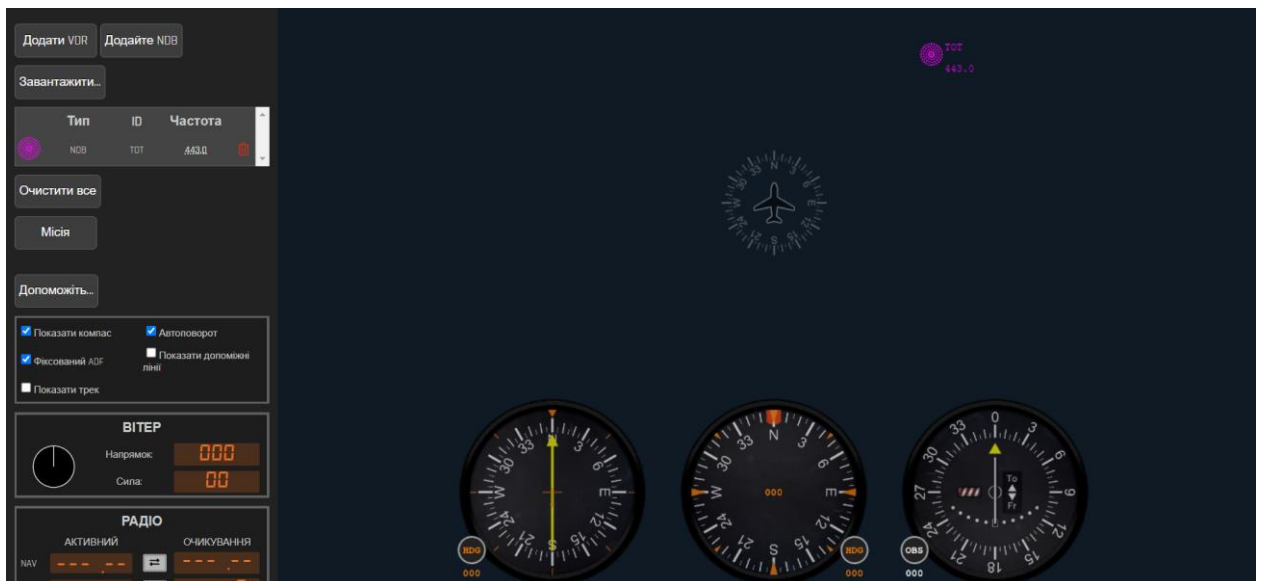


Рисунок 4.7.

Знизу розташовані певні прилади і які маніпуляції (рухи) не робити, жодна індикація приладів не відбувається (рис. 4.8).



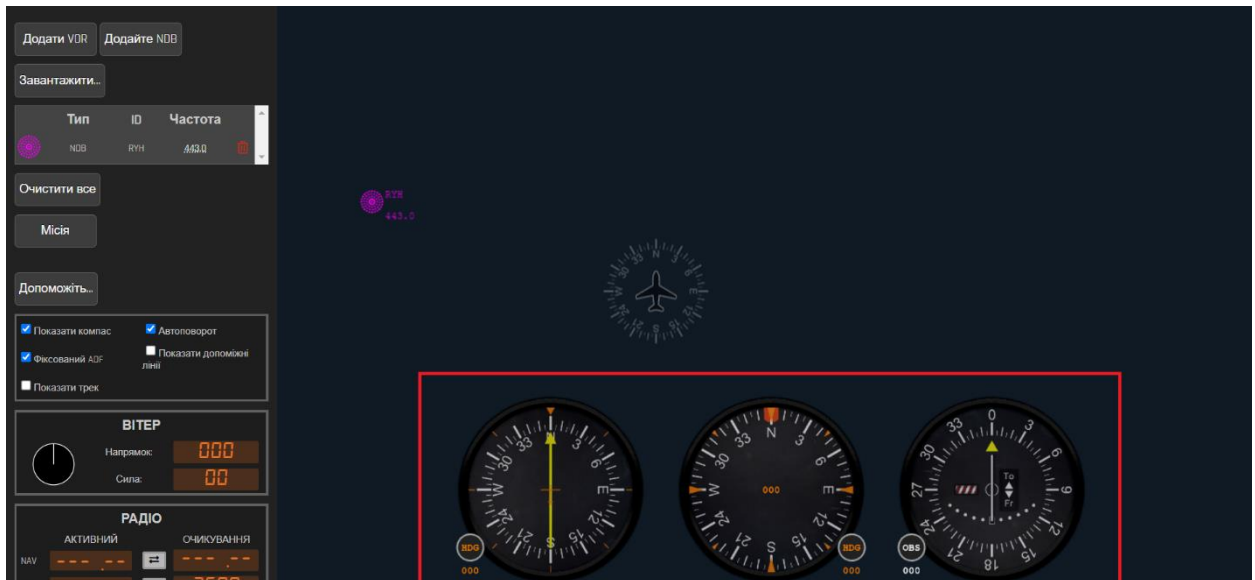


Рисунок 4.8.

Причина полягає у тому, що пристрій ADF, який знаходиться в кабіні літака, не налаштований на частоту даного радіомаяка NDB.

Позначка даного радіомаяка відповідає позначкам на аеронавігаційних картах, які розглянемо пізніше. Інформація, що знаходиться поруч із радіомаяком (рис. 9.), означає наступне:

**RYH** – кодове позначення радіомаяка

**443.0** – частота роботи даного радіомаяка



Рисунок 4.9.

Налаштування бортового пристрою ADF на частоту ненаправленого радіомаяка NDB виконуємо наступним чином:

1. На бічній панелі вгорі натискаємо на ID даного радіомаяка «**RYH**» (рис. 4.10).

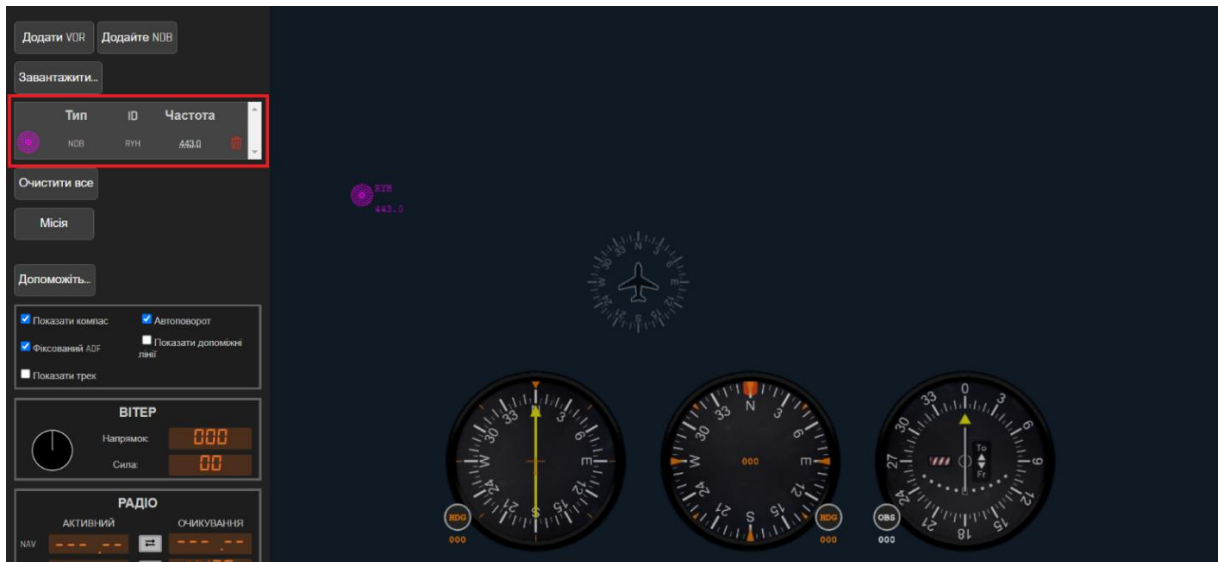


Рисунок 4.10.

Після цього, частота радіомаяка «**443.0**» з'явиться в режимі «**очікування**» (рис. 4.11). Режим «**очікування**» означає, що частота не активна і пристрій її не використовує. Для використання цієї частоти її потрібно перенести у режим «**активний**».



Рисунок 4.11.

2. Натиснувши на ці стрілочки, частота радіомаяка стане активною (рис. 4.12). Одразу після цього автоматичний радіопеленгатор (ADF) на борту літака налаштувався на частоту роботи даного ненаправленого радіомаяка NDB.

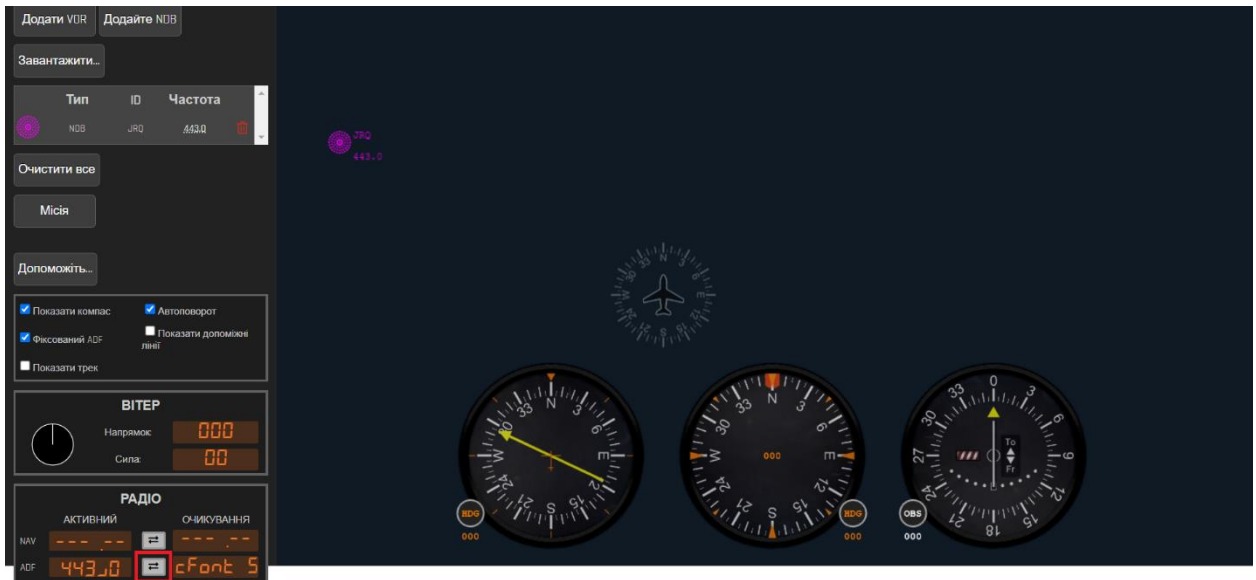


Рисунок 4.12.

У будь-якому положенні літака автоматичний радіопеленгатор (ADF) вказує напрямок (пеленг) на положення маяка у просторі щодо положення літака (рис. 4.13).

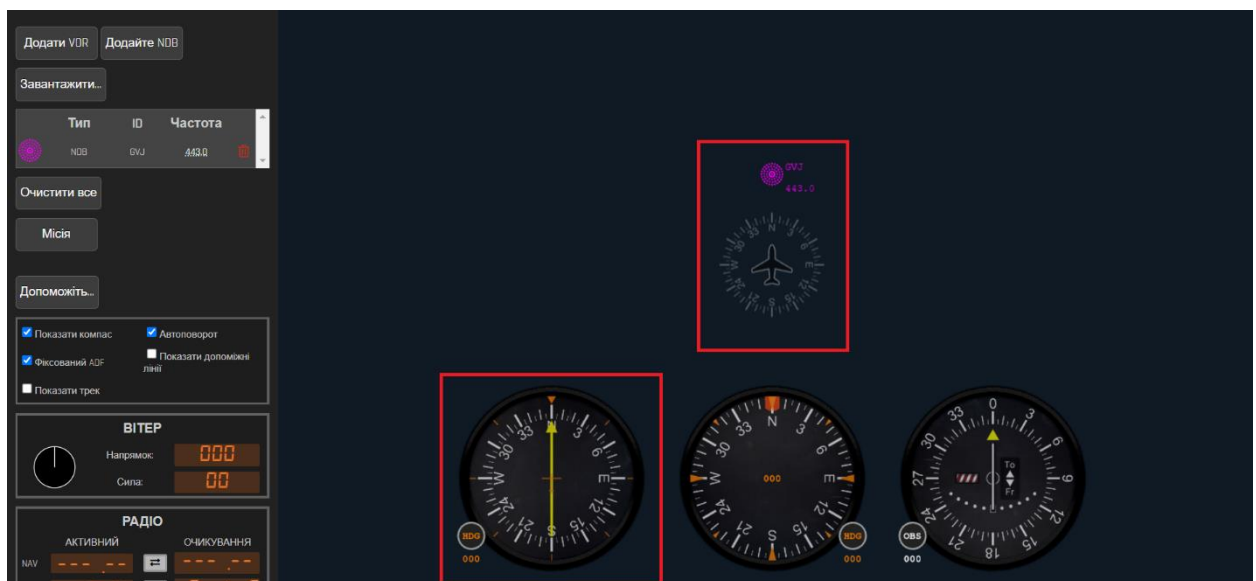


Рисунок 4.13.

Перебуваючи над маяком, показання автоматичного радіопеленгатора (ADF) будуть нечіткими (рис. 4.14).



Рисунок 4.14.

Пролетівши маяк, стрілка відразу повернеться на  $180^\circ$ , показуючи, що маяк залишився позаду (рис. 15.).



Рисунок 4.15.

Повертати літак у повітряному просторі на тому ж положенні можна за допомогою клавіш «ліворуч» і «праворуч», змінюючи положення стрілки індикатора на борту літака щодо положення ненаправленого радіомаяка NDB (рис. 4.16) і (рис. 4.17).

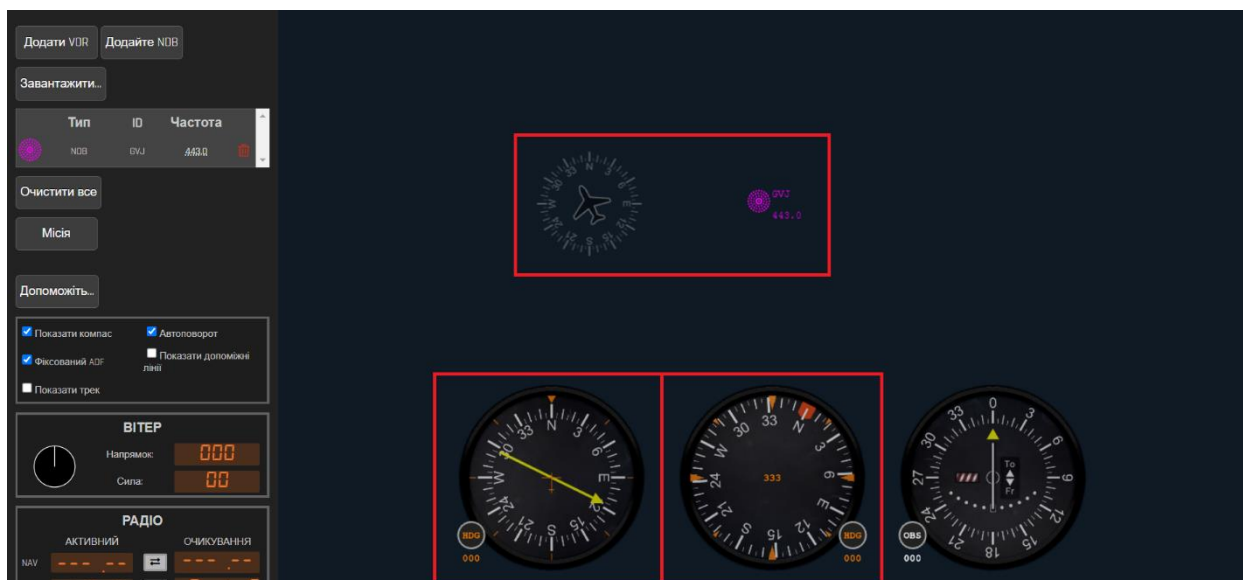


Рисунок 4.16.

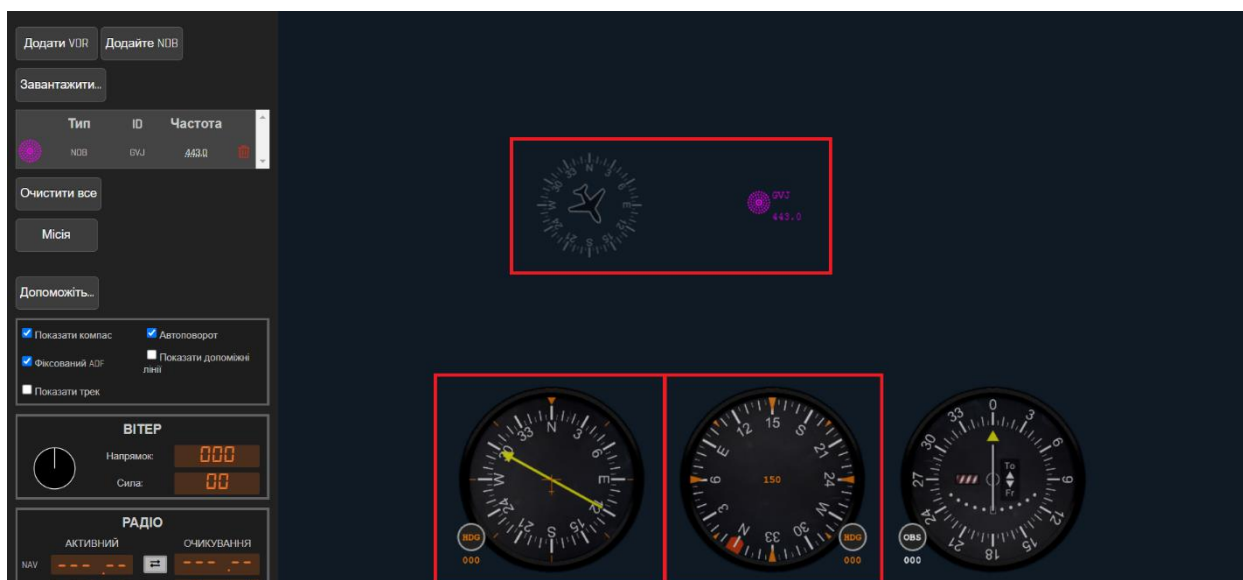


Рисунок 4.17.

У зоні дії кількох ненаправлених радіомаяків NDB положення стрілки індикатора повертатиметься у бік положення радіомаяка, частота якого налаштована на автоматичному пеленгаторі (ADF) у кабіні літака (рис. 4.18). Автоматичний радіопеленгатор потрібно налаштувати на відповідний приводний радіомаяк, залежно куди необхідно летіти. Саме тому даний радіомаяк називається приводним, адже це слово походить від слова «приводить», тобто приводить до цілі.

Привідний радіомаяк поділяється на два види:

**Далекий приводний радіомаяк (ДПРС)** – радіус дії близько 150 км від ЗПС.

**Близький приводний радіомаяк (БПРС)** – радіус дії близько 50-100 км від ЗПС.



Рисунок 4.18.

У режимі місії можна грати, натиснувши кнопку «Місія», після чого двовимірний простір очиститься від всіх поточних радіомаяків (рис. 4.19.).

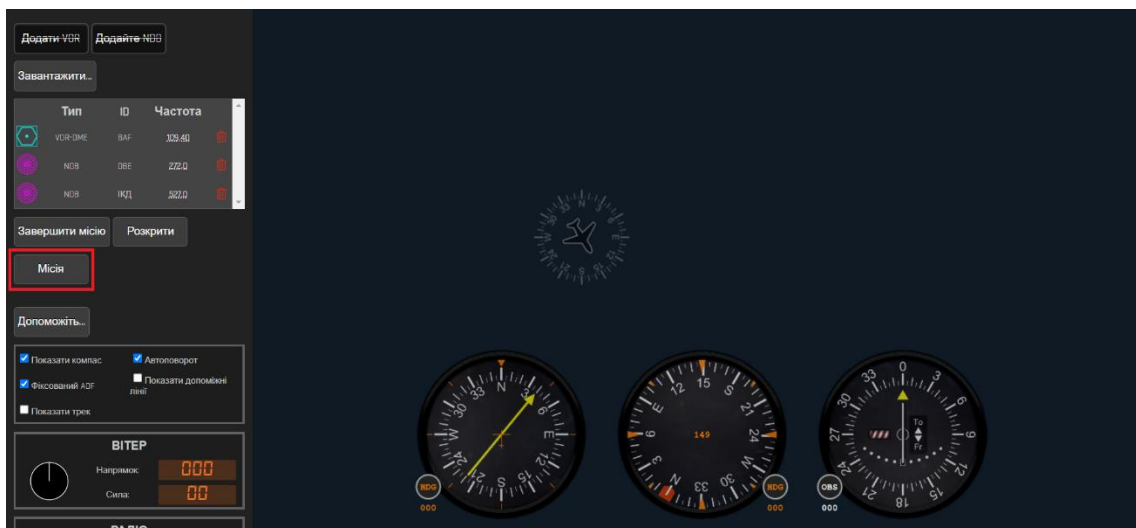


Рисунок 4.19.

У режимі місії симулятор випадково згенерує декілька радіомаяків та приховує їх від погляду гравця. Мета місії – пролетіти над кожним радіомаяком, дотримуючись послідовності, показаної на бічній панелі,



настроївши частоти відповідного радіо. При перетині радіомаяка елемент на бічній панелі стане зеленим, що вказує на те, що тепер можна летіти до наступного радіомаяка.

Симулятор випадково згенерує радіомаяки, включаючи VOR маяки. Тому, натискаючи кілька разів на кнопку «Місія», можна знайти варіант лише з ненаправленими радіомаяками NDB (рис.4.20).

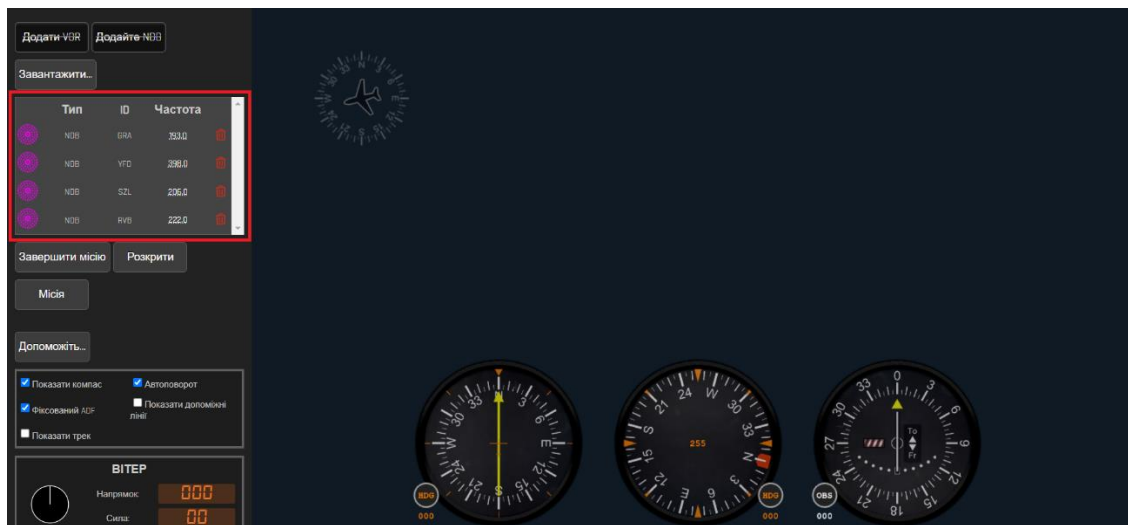


Рисунок 4.20.

### Моя послідовність дій на заданому маршруті:

1. Автоматичний радіопеленгатор (ADF) на борту літака налаштувати на частоту роботи «**193.0**» наступного ненаправленого радіомаяка (рис. 4.21).



Рисунок 4.21.

Повертаючи літак у повітряному просторі на тому ж положенні за допомогою клавiш «ліворуч» та «праворуч», зорієнтував положення стрілки індикатора на борту літака щодо положення ненаправленого радіомаяка NDB і почав рухатися у його напрямку (рис. 4.22).

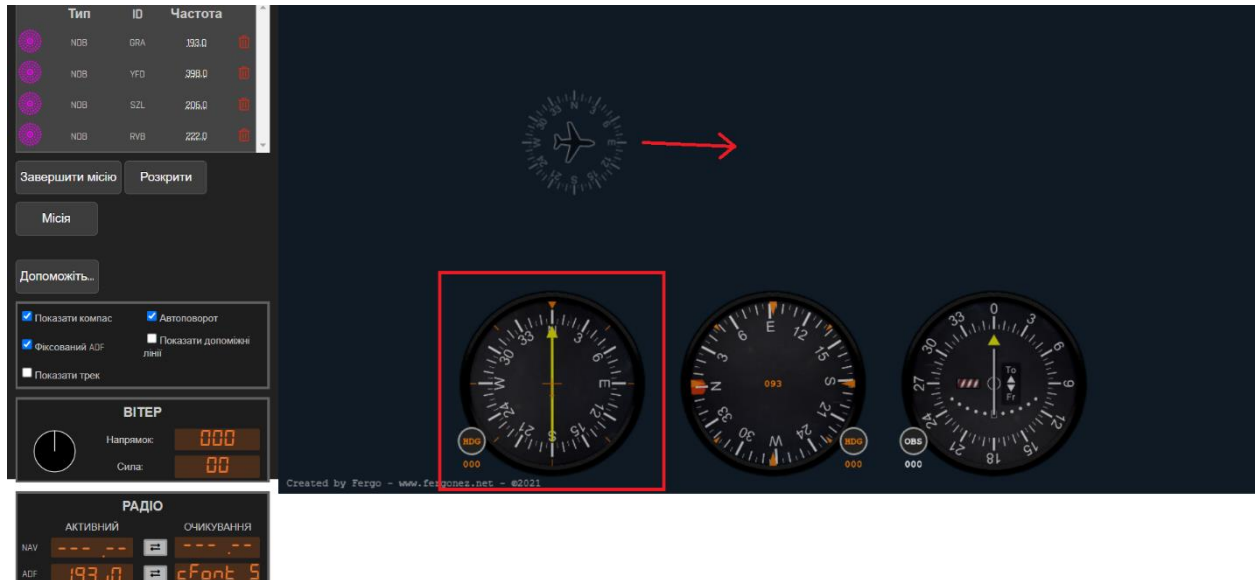


Рисунок 4.22.

Пролетівши над ненаправленим радіомаяком NDB, елемент на бічній панелі цього радіомаяка змінить колір на **зелений** (рис. 4.23).

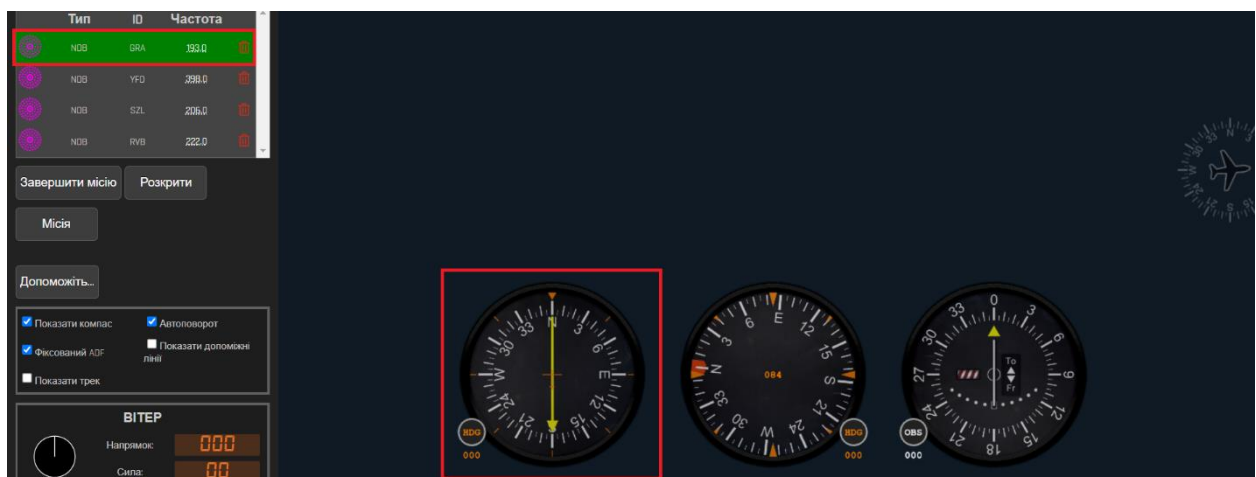


Рисунок 4.23.

2. Автоматичний радіопеленгатор (ADF) на борту літака налаштувати на частоту роботи «**398.0**» наступного ненаправленого радіомаяка (рис. 4.24).



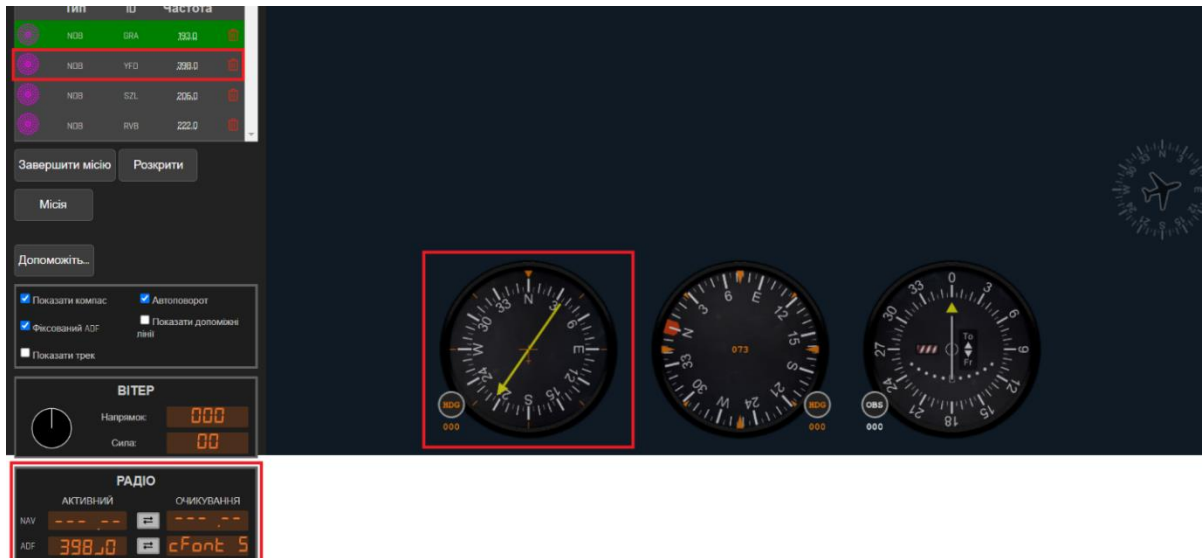


Рисунок 4.24.

Повертаючи літак у повітряному просторі на тому ж положенні за допомогою клавіш «ліворуч» та «праворуч», зорієнтував положення стрілки індикатора на борту літака щодо положення ненаправленого радіомаяка NDB і почав рухатися у його напрямку (рис. 4.25).



Рисунок 4.25.

Пролетівши над ненаправленим радіомаяком NDB, елемент на бічній панелі цього радіомаяка змінить колір на **зелений** (рис. 4.26).



Рисунок 4.26.

3. Автоматичний радіопеленгатор (ADF) на борту літака налаштувати на частоту роботи «206.0» наступного ненаправленого радіомаяка (рис. 4.27.).

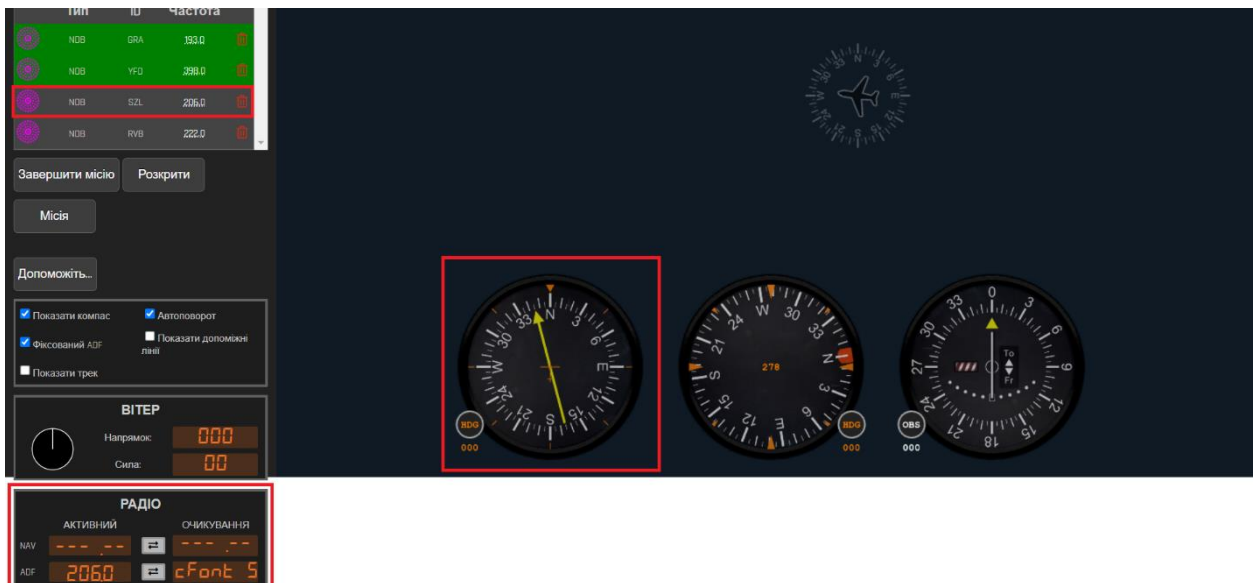


Рисунок 4.27.

Повертаючи літак у повітряному просторі на тому ж положенні за допомогою клавіш «ліворуч» та «праворуч», зорієнтував положення стрілки індикатора на борту літака щодо положення ненаправленого радіомаяка NDB і почав рухатися у його напрямку (рис. 4.28).



Рисунок 4.28.

Пролетівши над ненаправленим радіомаяком NDB, елемент на бічній панелі цього радіомаяка змінить колір на **зелений** (рис. 4.29).

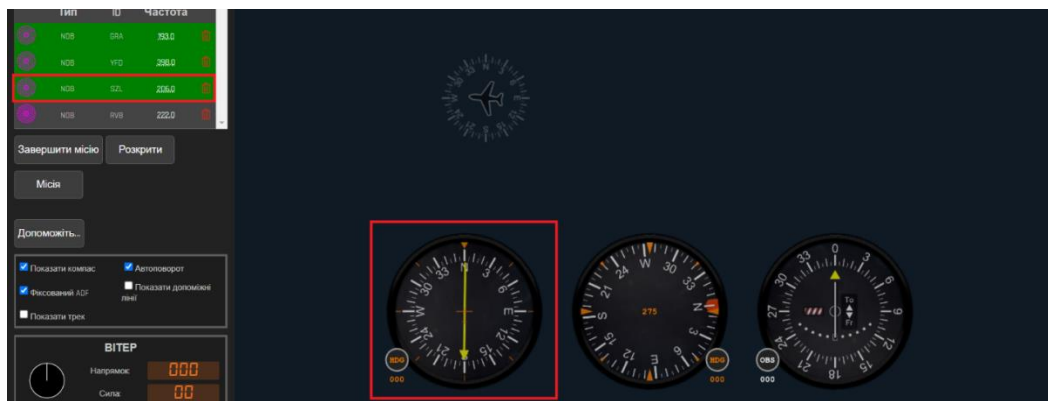


Рисунок 29.

4. Автоматичний радіопеленгатор (ADF) на борту літака налаштувати на частоту роботи «**222.0**» наступного ненаправленого радіомаяка (рис. 4.30).



Рисунок 4.30.

Повертаючи літак у повітряному просторі на тому ж положенні за допомогою кнопок «ліворуч» та «праворуч», зорієнтував положення стрілки індикатора на борту літака щодо положення ненаправленого радіомаяка NDB і почав рухатися у його напрямку (рис. 4.31).



Рисунок 4.31.

Пролетівши над ненаправленим радіомаяком NDB, елемент на бічній панелі цього радіомаяка змінить колір на зелений (рис. 4.32).



Рисунок 4.32.

Після відкриття аеронавігаційних карт, доступних за наступним посиланням: <https://skyvector.com/>, знайшов м. Чернівці, де я і вибрав приводний ненаправлений радіомаяк NDB (рис. 33.):

**частота – 509**

**ПОЗИВНИЙ – -----**

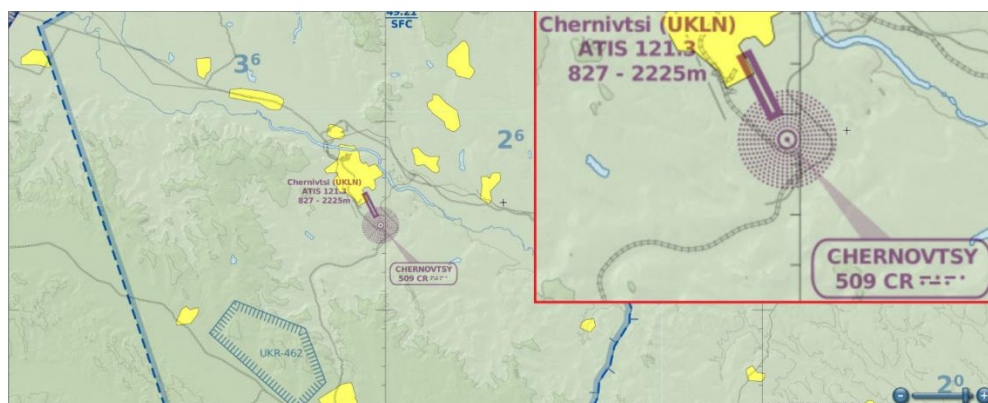


Рисунок 4.33.

Після цього значення частоти радіомаяка «**509.0**», що знаходиться в м. Чернівці, привласнюю ненаправленому радіомаяку NDB у симуляторі «**FERGO IFR SIMULATOR**», виконуючи наступну послідовність дій:

1. Натиснувши кнопку «**Додати NDB**», на площині у випадковому місці з'явився маяк NDB (рис. 4.34).

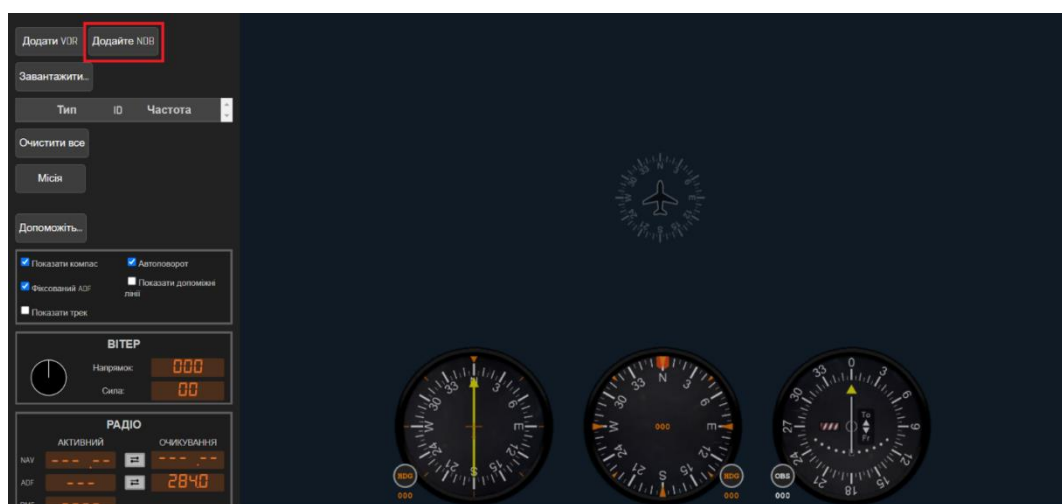


Рисунок 4.34.

2. Натиснувши на частоту «**264.0**» (рис. 4.35), відкриється вікно, де потрібно змінити частоту (параметри) даного маяка на потрібну нам частоту (рис. 4.36).

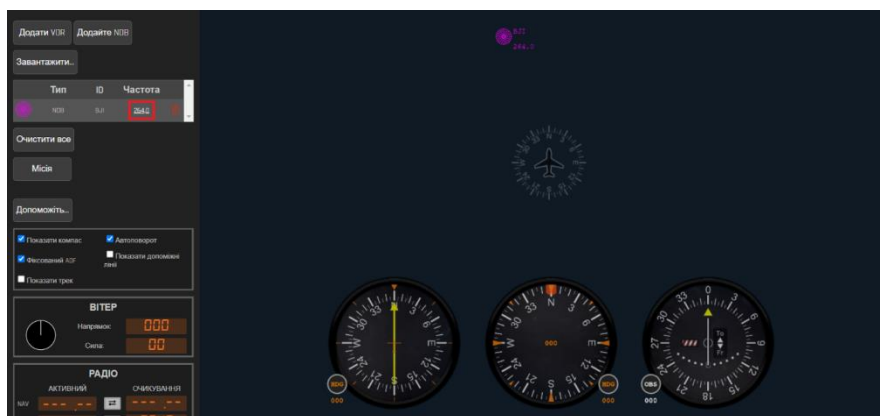


Рисунок 4.35.

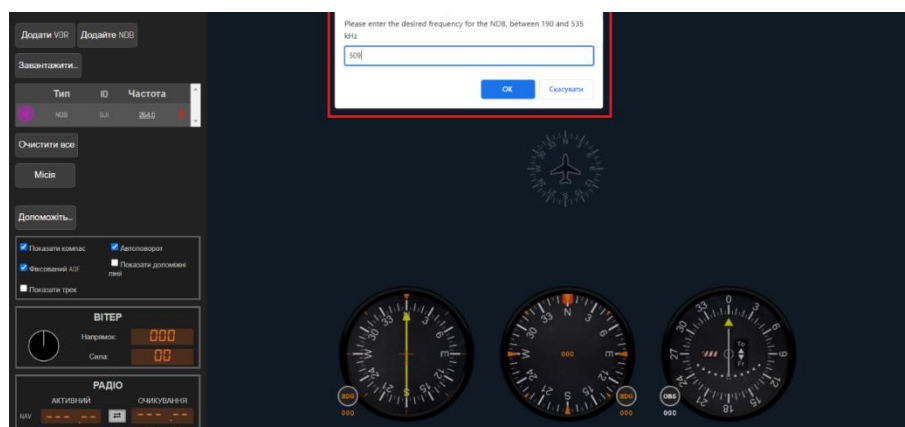


Рисунок 4.36.

3. Налаштувати бортовий пристрій ADF на частоту ненаправленого радіомаяка NDB (рис. 37.).



Рисунок 4.37.

**Висновок.** В результаті виконання даної лабораторної роботи, ознайомився з принципом роботи автоматичного пеленгатора (ADF) встановленого на борту літака, який дозволяє визначати напрям на ненаправлений радіомаяк NDB.



## 4.2 Звіт з виконання лабораторної роботи 2

### Хід виконання роботи

Після запуску online симулятора, доступного за наступним посиланням:

<https://www.fergonez.net/projects/ifrsimulator/>, відкрилося вікно ознайомлення з **FERGO IFR SIMULATOR** (рис. 4.38), де я і ознайомився з роботою використання цього симулятора.

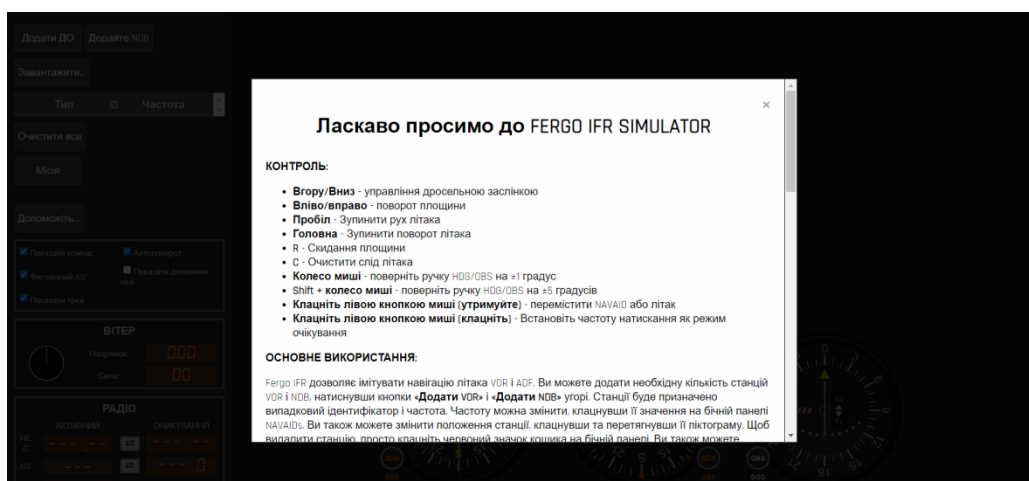


Рисунок 4.38.

Після закриття ознайомленого вікна, відкрився інтерфейс **FERGO IFR SIMULATOR** (рис. 4.39). Інтерфейс має вигляд двовимірного простору (площина), на якій я маю можливість розташувати у будь-якій точці проекцію літака.

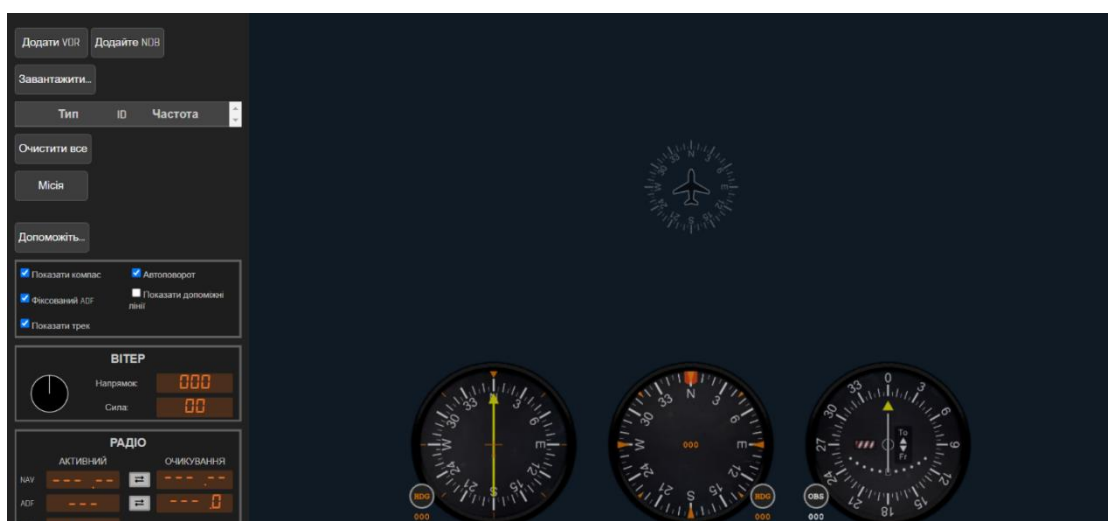


Рисунок 4.39.

На бічній панелі вгорі є можливість додавати необхідну кількість станцій VOR і NDB, натиснувши кнопки «Додати VOR» і «Додати NDB» (рис. 4.40). Але ця лабораторна робота присвячена лише роботі зі всенаправленими маяками VOR.

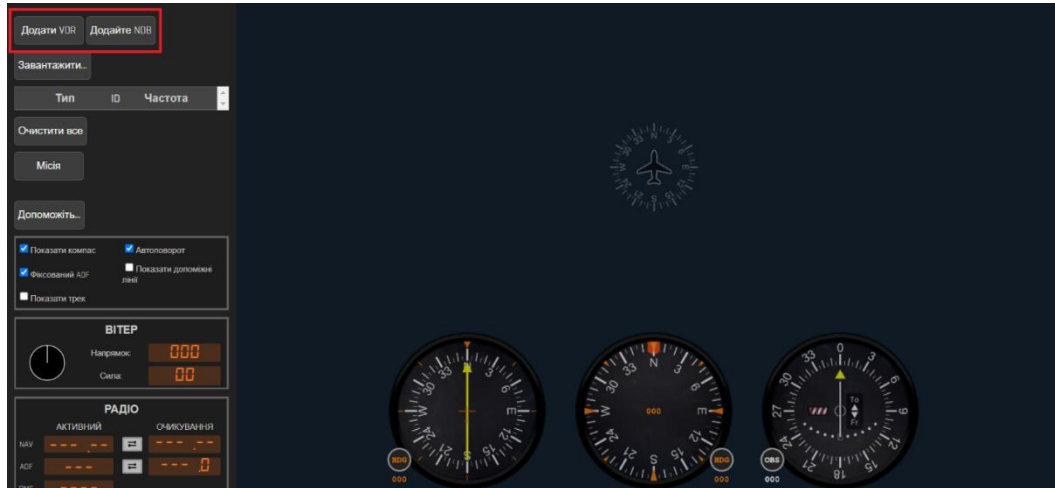


Рисунок 4.40

Натиснувши кнопку «Додати VOR», на площині у випадковому місці з'явився маяк VOR (рис. 4.41).



Рисунок 4.41

Незалежно від того, де з'явиться маяк VOR, можна за допомогою курсора миші перемістити його в будь-який край двовимірного простору (рис. 4.42).





Рисунок 4.42.

Внизу розташовані певні прилади і які маніпуляції (рухи) не робити, жодна індикація приладів не відбувається (рис. 4.43).

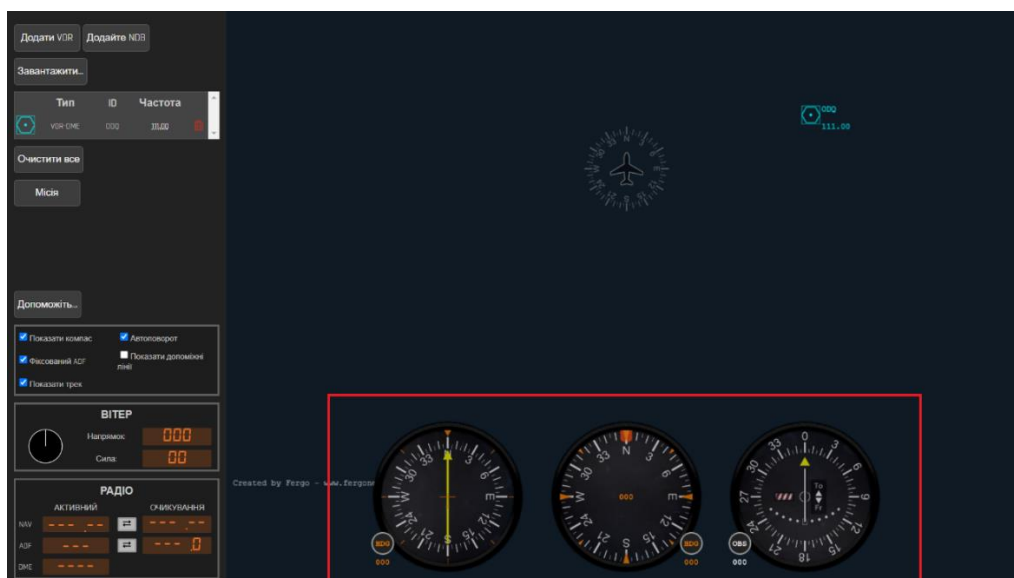


Рисунок 4.43.

Причина полягає у тому, що пристрій CDI, який знаходиться у кабіні літака, не налаштований на частоту даного радіомаяка VOR. Інформація, що знаходиться поруч із радіомаяком (рис. 4.44), означає наступне:

**ODQ** – кодове позначення радіомаяка

**111.00** – частота роботи даного радіомаяка

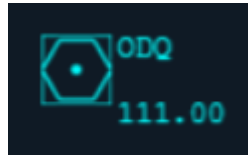


Рисунок 4.44.

Налаштування бортового пристрою CDI на частоту всенаправленого радіомаяка VOR виконуємо наступним чином:



Рисунок 4.45

3. На бічній панелі вгорі натискаємо на ID даного радіомаяка «**ODQ**» (рис. 4.45), після цього, частота радіомаяка «**111.00**» з'явиться у режимі «**очікування**» (рис. 4.46). Режим «**очікування**» означає, що частота не активна і пристрій її не використовує. Для використання цієї частоти її потрібно перенести у режим «**активний**».



Рисунок 4.46

4. Натиснувши на стрілки, частота радіомаяка стане активною (рис. 4.47). Одразу після цього індикатор відхилення курсу (CDI) на борту літака налаштувався на частоту роботи даного всенаправленого радіомаяка VOR.



Рисунок 4.47

У будь-якому положенні літака CDI вказує напрямок (пеленг) на положення маяка у просторі щодо положення літака (рис. 4.48).



Рисунок 4.48

Індикатор відхилення курсу (CDI) потрібно налаштувати на прийом цього маяка і визначення його пеленгу. Для цього слід навести курсор миші на позначку «OBS», після чого крутити колесо миші до тих пір, доки стрілка індикатора не стане на одну вісь з жовтим трикутником (рис. 4.49).



Рисунок 4.49.

Таке положення стрілки означає, що CDI налаштований на прийом вказаного маяка, після чого необхідно повернути літак за допомогою клавіш «ліворуч» і «праворуч» на теж значення пеленгу, на який налаштований індикатор відхилення курсу (рис. 4.50).

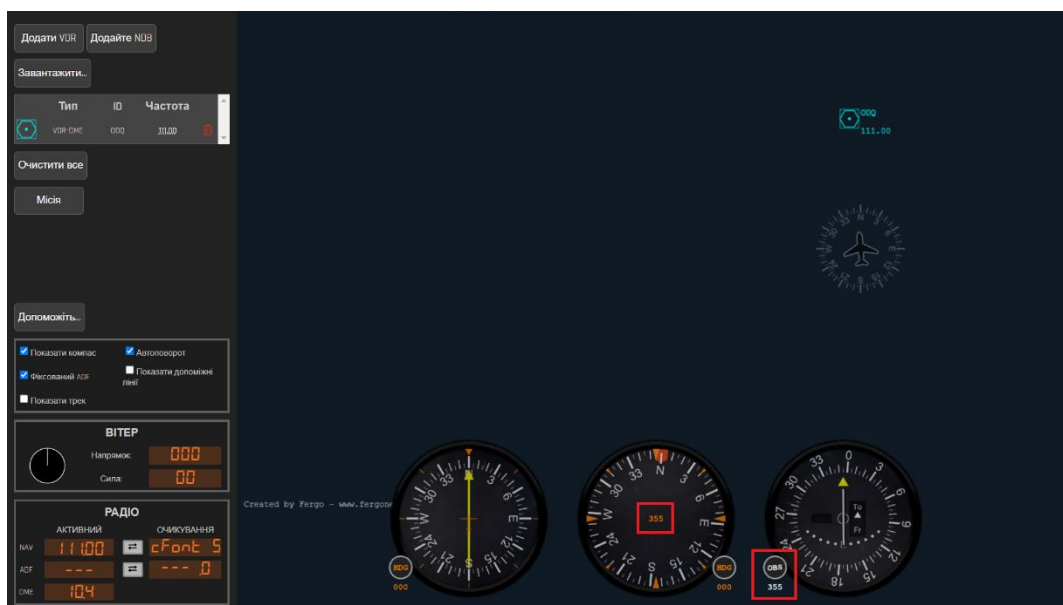


Рисунок 4.50.

Після налаштування індикатора відхилення курсу на всенаправлений маяк VOR і магнітний радіокомпас за одним тим самим пеленгом, опісля чого рухаючись прямо, літак пролетить над даним маяком VOR

У режимі місії симулятор випадково згенерує декілька радіомаяків та приховує їх від погляду гравця. **Мета місії** – пролетіти над кожним радіомаяком, дотримуючись послідовності, показаної на бічній панелі, настроївши частоти відповідного радіо. При перетині радіомаяка елемент на бічній панелі стане зеленим, що вказує на те, що тепер можна летіти до наступного радіомаяка.

У режимі «Місія» оберемо варіант з VOR маяками (рис. 4.51) і для початкового положення літака визначимо курс для польоту на цей маяк.

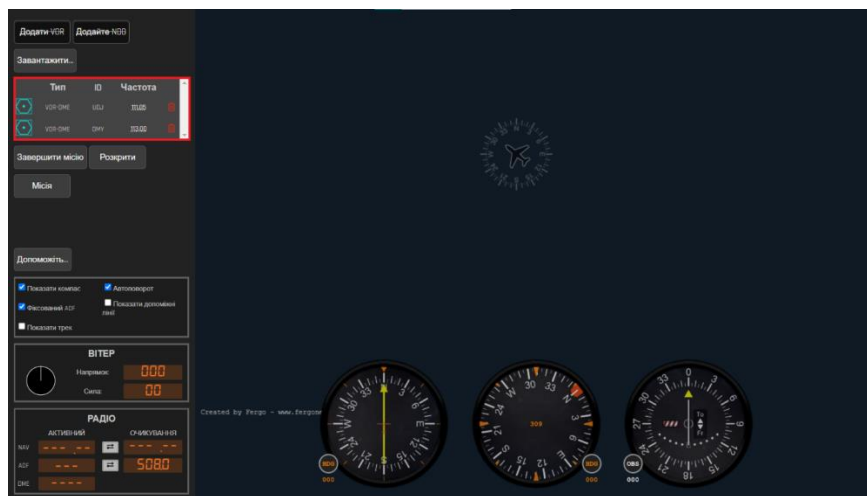


Рисунок 4.51

### Моя послідовність дій на заданому маршруті:

5. Індикатор відхилення курсу (CDI) на борту літака налаштувати на частоту роботи «111.05» першого всенаправленого радіомаяка VOR (рис. 4.52).

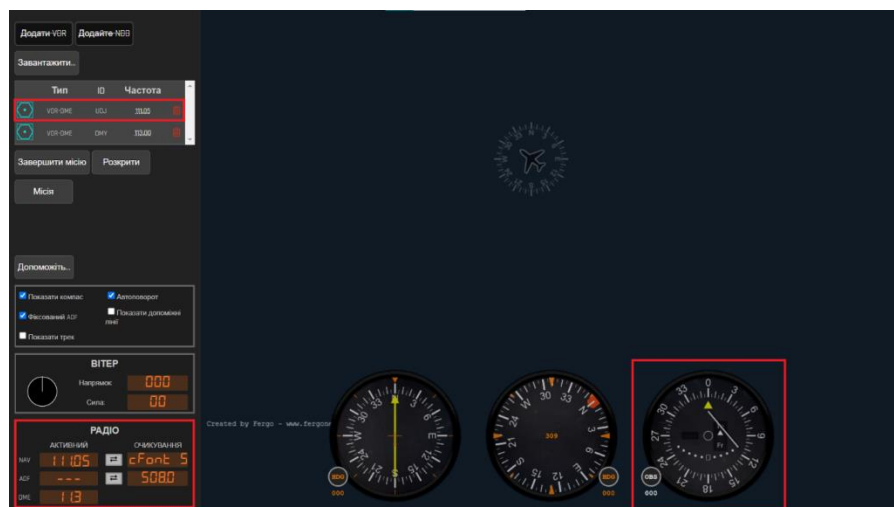


Рисунок 4.52.

Налаштувавши індикатор відхилення курсу (CDI) на прийом вибраного маяка і визначивши його пеленг, слід повернути літак у повітряному просторі на тому ж положенні за допомогою клавіш «ліворуч» та «праворуч» так, щоб пеленг CDI зійшовся значенням з радіомаяком на борту літака (рис. 4.53).



Рисунок 4.53

Після чого необхідно почати рух у тому ж напрямку до тих пір, доки елемент на бічній панелі цього радіомаяка не змінить колір на **зелений** (рис. 4.54).



Рисунок 4.54

6. Індикатор відхилення курсу (CDI) на борту літака налаштувати на частоту роботи «115.00» наступного всенаправленого радіомаяка VOR (рис. 4.55).



Рисунок 4.55

Налаштувавши індикатор відхилення курсу (CDI) на прийом вибраного маяка і визначивши його пеленг, слід повернути літак у повітряному просторі на тому ж положенні за допомогою клавіш «ліворуч» та «праворуч» так, щоб пеленг CDI зійшовся значенням з радіомаяком на борту літака (рис. 4.56).



Рисунок 4.56

Після чого необхідно почати рух у тому ж напрямку до тих пір, доки елемент на бічній панелі цього радіомаяка не змінить колір на **зелений** (рис. 4.57).





Рисунок 4.57

Очистивши попередні моделювання, розмістив у центрі один VOR маяк і виконав моделювання польоту літака до цього VOR маяка по радіалу, який в градусах дорівнює моєму номеру в списку групи, помноженному на 20, тобто  $220^\circ$  (рис. 4.58).

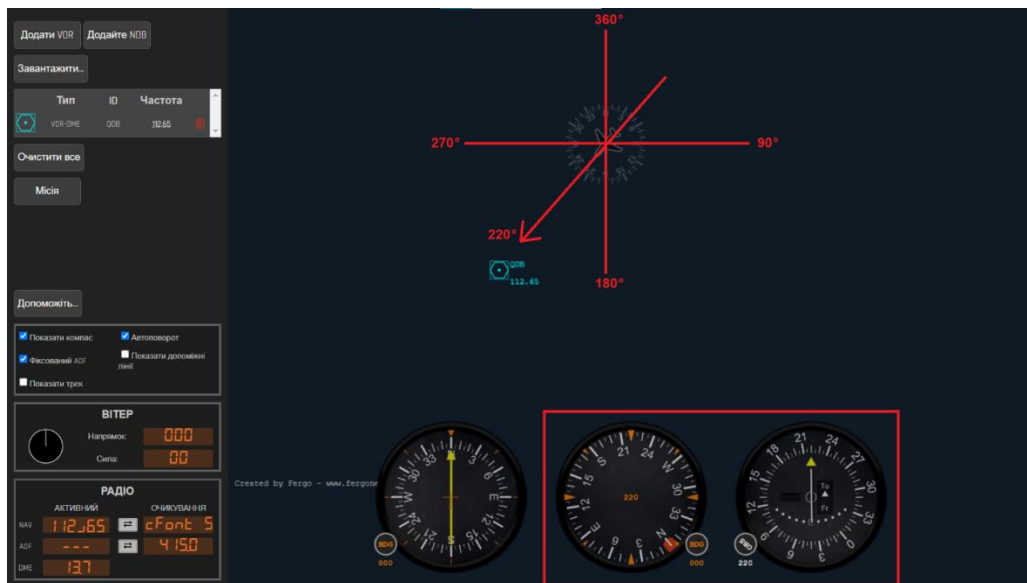


Рисунок 4.58

**Висновок.** У результаті виконання даної лабораторної роботи, ознайомився з принципом роботи індикатора відхилення курсу (CDI) встановленого на борту літака, який дозволяє визначати напрям на всенаправлений радіомаяк VOR.



## **РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АВІАЦІЙНОГО СИМУЛЯТОРА**

Під ефективністю в рамках розрахунку доцільно вважати відношення розрахункового (очікуваного) прибутку по відношенню до суми витрачених на розробку і впровадження ресурсів. Економічна ефективність є не єдиним видом можливої ефективності. Також звернемо увагу на синергетичний результат за рахунок системної інтеграції різних видів ефективності, серед яких присутні наступні:

- Економічна
- Технічна
- Інформаційна
- Математичне моделювання і прийняття рішень
- Психологічна
- Соціальна
- Культурна
- Екологічна
- Ергономічна

Система **авіаційний симулятор для навчання** повинна бути економічно ефективною, в той же час вона повинна задовольняти різноманітні інтереси спільноти надавачів освітніх послуг і тих, хто формує на них запит. Вартість послуг для студентів завжди повинна враховуватися при оцінці будь-яких пропозицій щодо надання можливості на реалізацію права на освіту, закріпленого в Конституції України. Ринкова економіка, впровадження якої прийнято за основу в сучасній Україні, передбачає економічне стимулювання будь-якого виду творчої, наукової, технічної діяльності шляхом запиту плати за надані послуги або виконані роботи. В той же час висока вартість не може ставати бар'єром який не може подолати особа, яка прагне реалізувати надане Законом України про Освіту право.

Загальний алгоритм розрахунку рентабельності проекту передбачає врахування таких компонент як витрати на основний варіант реалізації кінцевої системи (авіаційний симулятор), а також її альтернативний варіант. Тут доцільно пригадати відому істину протиставлення таких категорій як Швидко-Якісно-Дешево. З цих трьох компонент можливо одночасно реалізувати лише дві за рахунок перетворення третьої на її повну протилежність.

Так створити можливо авіаційний Швидко і Якісно, але це буде Дорого. Можна обрати Якісний і Дешевий, але час на його створення при цьому може наближатись до Нескінченності.

Методологічна основа розрахунку полягає у використанні наступного алгоритму розрахунків, представленого послідовністю формул 5.1 – 5.4.

1. Витрати на основний варіант:

$$Z_{прб} = C_б + E_н \cdot K_б \quad (5.1)$$

2. Витрати на альтернативний (новий) варіант:

$$Z_{пра} = C_а + E_н \cdot K_а \quad (5.2)$$

$C_б$  - базові витрати;

$K_б$  – капіталовкладення;

$E_н$  - норматив коефіцієнта ефективності інвестицій,  $E_н = 0,15$ .

1. Термін окупності додаткових капітальних вкладень

$$T_{ок} = \frac{K_а - K_б}{C_б - C_а} \quad (5.3)$$

2. Річний економічний ефект від впровадження нової системи

$$E_г = Z_{прб} - Z_{пра} = (C_б + E_н \cdot K_б) - (C_а + E_н \cdot K_а) \quad (5.4)$$

Для виконання розрахунку ефективності розробки системи авіаційного симулятора для навчання на контрактній основі закладемо наступні початкові дані в грошових одиницях гривня України.

Для *основного варіанту*, який виконуватиметься по підходу Швидко і Якісно:

$$C_б = 1500\ 000$$

$$K_6 = 1000\ 000$$

Тоді витрати на базовий варіант з урахуванням нормативу коефіцієнта ефективності інвестицій на рівні  $E_H = 0,15$  складе згідно з (5.1):

$$Z_{прб} = C_6 + E_H \cdot K_6 = 1500000 + 0,15 \cdot 1000000 = 1650000$$

*Альтернативний варіант* заплануємо реалізувати по схемі *Якісно і Дешево* з наступними вхідними даними:

$$C_a = 500\ 000$$

$$K_a = 800\ 000$$

Тоді витрати на базовий варіант з урахуванням нормативу коефіцієнта ефективності інвестицій на рівні  $E_H = 0,15$  складе згідно з (5.2):

$$Z_{пра} = C_a + E_H \cdot K_a = 500000 + 0,15 \cdot 800000 = 620000$$

Для одержаних результатів виконаємо розрахунок терміну окупності додаткових капітальних вкладень за формулою (5.3):

$$T_{ок} = \frac{K_a - K_6}{C_6 - C_a} = \frac{800000 - 1000000}{1500000 - 500000} = -0,2$$

При цьому річний економічний ефект, який розраховується за формулою (5.4) буде наступним:

$$\begin{aligned} E_r &= Z_{прб} - Z_{пра} = (C_6 + E_H \cdot K_6) - (C_a + E_H \cdot K_a) = \\ &= 1650000 - 620000 = 1030000 \end{aligned}$$

Одержані результати повністю підтверджуються при автоматизації розрахунків шляхом використання Excel-файлу, результати у вигляді принт-скріну з якого приведені на рис. 4.1

Підсумовуючи проведений розрахунок доцільно ще раз звернути увагу на те що економічна ефективність при всій своїй очевидності не є єдиним варіантом оцінки загального рівня ефективності, про що є відомості на початку даного розділу.

3\_Економічна ефективність.xlsx - Microsoft Excel

Файл | Основне | Вставлення | Розмітка сторінки | Формули | Дані | Рецензування | Вигляд

Вирізати | Копіювати | Формат за зразком | Буфер обміну | Шрифт | Вирівнювання | Число | Стилі

Звичайний | Добре | Поганий | Середній  
Від | Зв'язана клі... | Контрольна... | Обчислення

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1																							
2				Варіант підприємства																			
3				Основний Новий (альтернативний)																			
4	Кількість АРМ			5	1																		
5	Вартість ПК			1000000	500000																		
6	Зпт			600	200																		
7																							
8																							
9																							
10																							
11				Основний Новий (альтернативний)																			
12	Базові витрати	C		1500000	500000																		
13	Капіталовкладення	K		1000000	800000																		
14	Витрати	Зпр		1650000	620000																		
15	Термін окупності			-0,19417																			
16	Річний ефект			1030000																			
17																							
18																							

Алгоритм розрахунку рентабельності проекту.

1. Витрати на основний варіант:  $Z_{прб} = C_б + E_n \cdot K_б$

2. Витрати на альтернативний (новий) варіант:  $Z_{пра} = C_a + E_n \cdot K_a$

Сб - базові витрати;  
Кб - капіталовкладення;  
En - норматив коефіцієнта ефективності інвестицій, En = 0,15.

1. Термін окупності додаткових капітальних вкладень  $T_{ок} = \frac{K_a - K_б}{C_б - C_a}$

2. Річний економічний ефект від впровадження нової системи  $E_r = Z_{прб} - Z_{пра} = (C_б + E_n \cdot K_б) - (C_a + E_n \cdot K_a)$

Рисунок 5.1 – Автоматизація розрахунку економічної ефективності засобами Excel

## РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 6.1 Види забруднення навколишнього середовища та напрями його охорони

Різноманітне вторгнення людини в природні процеси в біосфері можна згрупувати за наступними видами забруднень, розуміючи під ними будь-які небажані для екосистем антропогенні зміни:

- інгредієнтне ( інгредієнт – складова частина складної сполуки або суміші ) забруднення як сукупність речовин, кількісно або якісно сторонніх природнім біогеоценозам;
- параметричне забруднення ( параметр навколишнього середовища – одна з її властивостей, наприклад рівень шуму, освітленості, радіації тощо ), пов'язане зі зміною якісних параметрів навколишнього середовища;
- біоценотичне забруднення, що полягає у впливі на склад та структуру популяції живих організмів;
- стаціонально-деструкційне забруднення ( стація – місце проживання популяції, деструкція – розвалення ), що являє собою зміну ландшафтів та екологічних систем в процесі природокористування.

До 60-х років нашого минулого століття під охороною природи мався на увазі захист її тваринного та рослинного світу від знищення. Відповідно і формами цього захисту було головним чином створення особливих охороняємих територій, прийняття юридичних актів, що

що обмежують промисел на деяких тварин, тощо. Вчених та суспільство хвилювали перш за все біоценотичний та частково стаціонально-деструктивний вплив на біосферу. Інгредієнтне та параметричне забруднення, звісно, існувало також, тим більше що про встановлення очисних споруд на підприємствах мова не йшла. Проте воно не було настільки різноманітним та масованим, як тепер, практично не мало штучно створених сполук, не підвладних природньому

розкладу, і природа з ним справлялася самостійно. Так, в річках з непорушеним біоценозом та нормальною швидкістю течії, не припиняємої гідротехнічними спорудами, під впливом процесів перемішування, окису, осаду, поглинання та розкладу редуцентами, дезінфекції сонячним випроміненням тощо забруднена вода повністю відновлювала свої властивості на протязі 30 км від джерел забруднення.

Звичайно, і раніше спостерігалися окремі очаги деградації природи в околицях найбільш забруднюючих підприємств. Проте к середині ХХ ст. темпи інгريدієнтного та параметричного забруднень зросли і якісний їх склад змінився настільки різко, що на значних територіях здатність природи до самоочищення, тобто природньому руйнуванню забруднювача в наслідок природніх фізичних, хімічних та біологічних процесів було втрачено.

В теперішній час не відбувається самоочищення навіть таких повноводних та протяжних рік, як Обь, Єнисей, Лена та Амур. Що вже казати про Дніпро, природня швидкість течії якого в декілька разів знижена гідротехнічними спорудами.

Здатність ґрунту до самоочищення підривається різким зменшенням в ньому кількості редуцентів, що відбувається під впливом необмеженого застосування пестицидів та мінеральних добрив, вирощуванням монокультур, повного збору з полів усіх частин вирощених рослин тощо.

Під охороною навколишнього середовища розуміють сукупність міжнародних, державних та регіональних правових актів, інструкцій та стандартів, що доводять загальні юридичні вимоги до кожного конкретного забруднювача та забезпечують його зацікавленість у виконанні цих вимог, конкретних природоохоронних заходів задля реалізації цих вимог.

Тільки якщо всі ці складові частини відповідають одна одній за змістом та темпом розвитку, тобто складають єдину систему охорони навколишнього середовища, можна розраховувати на успіх.

Оскільки своєчасно не було вирішено питання охорони природи від негативного впливу людини, тепер все частіше постає задача захисту людини

від впливу зміненого природного середовища. Обидва ці поняття інтегруються в терміні «охорона навколишнього ( навколо людини ) природного середовища».

Охорона навколишнього природного середовища складається з:

- правової охорони, що формулює наукові екологічні принципи у вигляді юридичних законів, обов'язкових для дотримання;
- матеріального стимулювання природоохоронної діяльності, що має на меті зробити її економічно вигідною для підприємств;
- інженерної охорони, що розробляє природоохоронну та ресурсозберігаючу технологію та техніку.

У відповідності до закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» охороні підлягають наступні об'єкти:

- природні екологічні системи, озоновий шар атмосфери;
- земля, її надра, поверхневі та підземні води, атмосферне повітря, ліси та інша рослинність, тваринний світ, мікроорганізми, генетичний фонд, природні ландшафти, національні природні парки, пам'ятники природи, рідкісні або такі що знаходяться під загрозою зникнення види рослин і тварин та місця їх проживання.

Основними принципами охорони навколишнього природного середовища мають бути:

- пріоритет забезпечення сприятливих екологічних умов для життя, праці та відпочинку населення;
- науково обґрунтоване поєднання екологічних та економічних інтересів суспільства;
- врахування законів природи та можливостей самовідновлення та самоочищення її ресурсів;
- недопущення незворотніх наслідків для охорони природного середовища та здоров'я людини;
- право населення та суспільних організацій на своєчасну і правдиву інформацію про стан навколишнього середовища та негативний вплив на неї та

на здоров'я людини різних виробничих об'єктів;

- невідворотність відповідальності за порушення вимог природоохоронного законодавства.

## **6.2 Інженерна охорона навколишнього середовища**

### *Природоохоронна діяльність підприємств*

Природоохоронною є будь-яка діяльність, що спрямована на збереження якості довколишнього середовища на рівні, що забезпечує сталість біосфери. До неї відноситься як великомасштабна діяльність на загальнодержавному рівні зі збереження еталонних зразків недоторканої природи та збереженню різноманіття видів на Землі, організації наукових досліджень, підготовки спеціалістів-екологів та вихованню населення, так і діяльність окремих підприємств з очистки від шкідливих речовин стічних вод та відведених газів, зниженню норм використання природних ресурсів тощо. Така діяльність здійснюється в основному інженерними методами.

Існує два основних напрямки природоохоронної діяльності підприємств. Перший – очистка шкідливих викидів. Цей шлях в чистому вигляді є малоефективним, через те що з його допомогою далеко не завжди вдається повністю припинити потрапляння шкідливих речовин до біосфери. До того ж зменшення рівня забруднення одного компонента навколишнього середовища веде до збільшення забруднення іншого.

Наприклад, встановлення вологих фільтрів при газоочистці дозволяє зменшити забруднення повітря, але призводить до ще більшого забруднення води.

Використання очисних споруд, навіть найбільш ефективних, різко зменшує забруднення навколишнього середовища, однак не вирішує цю проблему повністю, оскільки в процесі функціонування цих споруд також виробляються відходи, хоч і в меншому об'ємі, проте, як правило, з підвищеною концентрацією шкідливих речовин. Нарешті, робота більшої частини очисних споруд вимагає значних енергетичних затрат, що, в свою



чергу, також не є безпечним для довколишнього середовища.

Крім того, забруднювачі, на знешкодження яких йдуть значні кошти, являють собою речовини, в утворення яких вже вкладено працю і які за нечастим виключенням можна було б використовувати в народному господарстві.

Для досягнення високих еколого-економічних результатів необхідно процес очистки шкідливих викидів поєднати з процесом утилізації утриманих речовин, що зробить можливим об'єднання першого напряму з другим.

Другий напрям – ліквідація самих умов забруднення, що вимагає розробки маловідходних, а в перспективі і безвідходних технологій виробництва, які дозволяли б комплексно використовувати початкову сировину та утилізувати максимум шкідливих для біосфери речовин.

Проте далеко не для всіх виробництв знайдені прийнятні техніко-економічні рішення з різкого зменшення кількості утворюваних відходів та їх утилізації, тому в теперішній час доводиться працювати в обох зазначених напрямках.

Турбуючись про вдосконалення інженерної охорони навколишнього природного середовища, необхідно пам'ятати, що жодні очисні споруди чи безвідходні технології не зможуть відновити стійкість біосфери, якщо будуть перевищені граничні значення скорочення природних, не перетворених людиною природних систем - закон незамінності біосфери.

Такою межею може виявитись використання більше 1% енергетики біосфери і глибоке перетворення більше 10% природних територій ( правила одного і десяти відсотків ). Тому технічні досягнення не знімають необхідності розв'язання проблем зміни пріоритетів суспільного розвитку, стабілізації народонаселення, створення необхідного числа заповідних територій та інших, розглянутих раніше.

*Види та принципи роботи очисного обладнання та споруд*

Більшість сучасних технологічних процесів пов'язана з подрібленням

речовин, транспортуванням сипких матеріалів. При цьому частина матеріалу переходить в пил, який шкідливий для здоров'я і наносить значну матеріальну шкоду народному господарству внаслідок втрати цінних продуктів.

Для очистки застосовують різні конструкції апаратів. За способів вилову пилу їх поділяють на апарати механічної ( сухої та вологої ) і електричної очистки газів. В сухих апаратах (циклонах, фільтрах) використовують гравітаційне осадження під дією сили тяжіння, осадження під дією центробіжної сили, інерційне осадження, фільтрування. У вологих апаратах ( скрубберах ) це досягається промивкою запиленого газу рідиною. В електрофільтрах осадження на електроди відбувається в результаті передачі частинкам пилу електричного заряду. Вибір апаратів залежить від розмірів пилових частинок, вологості, швидкості та об'єму газів, що поступають на очистку, необхідного рівня очистки.

Для очистки газів від шкідливих газоподібних домішок використовують дві групи методів– некаталітичні та каталітичні. Методи першої групи ґрунтуються на виведенні домішок з газоподібної суміші за допомогою рідких ( абсорберів ) та твердих ( адсорберів ) поглиначів. Методи другої групи полягають в тому, що шкідливі домішки вступають в хімічну реакцію і перетворюються в нешкідливі речовини на поверхні каталізаторів. Ще більш складний і багаторівневий процес являє собою очистка стічних вод.

Стічними водами називають води, використані промисловими та комунальними підприємствами і населенням і є такими, що підлягають очистці від різних домішок. В залежності від умов утворення стічні води поділяють на побутові, атмосферні ( ливневі, стічні після дощів з території підприємств) і промислові. Усі вони містять в тій або іншій пропорції мінеральні і органічні речовини.

Стічні води від домішок очищують механічними, хімічними, фізико-хімічними, біологічними та термічними методами, які, в свою чергу, поділяються на рекупераційні та деструктивні. Рекупераційні методи передбачають видобування зі стічних вод і подальшу переробку цінних

речовин. При деструктивних методах речовини, що забруднюють воду, підлягають руйнуванню шляхом окислу або відновлення. Продукти руйнування видаляють з води у вигляді газів або осаду.

Механічну очистку застосовують при видаленні твердих нерозчинних домішок, використовуючи методи відстою та фільтрації за допомогою решіток, утримувачів піску, відстойників. Хімічні методи очистки застосовують для видалення розчинних домішок за допомогою різноманітних реагентів, що вступають до хімічних реакцій зі шкідливими домішками, в наслідок чого утворюються малотоксичні речовини. До фізико-хімічних методів відносять флотацію, іонний обмін, адсорбцію, кристалізацію, дезодорацію тощо. Біологічні методи вважаються основними для знешкодження стічних вод від органічних домішок, які окислюються мікроорганізмами, що передбачає достатню кількість кисню у воді. Ці аеробні процеси можуть протікати як в природніх умовах – на полях зрошення при фільтрації, так і в штучних спорудах – аеротінках та біофільтрах.

Виробничі стічні води, що не піддаються очистці перерахованими методами, підлягають термічному знешкодженню, тобто зпалюванню, або закачці в глибинні свердловини ( в наслідок чого виникає небезпека забруднення підземних вод ). Указані методи застосовують в локальних (цехових), загальнозаводських, районних або міських системах очистки.

Для знезараження стічних вод від мікробів, що містяться в побутових, особливо в фекальних, зтоках, застосовують хлорування в спеціальних відстійниках.

Після того як решітки та інше приладдя вивільнили воду від мінеральних домішок, мікроорганізми, що містяться в так званому активному мулі, «з'їдають» органічні забруднення, тобто процес очистки зазвичай проходить в декілька етапів. Однак і після того ступінь очистки не перевищує 95%, тобто повністю видалити забруднення водних басейнів не вдається. Якщо до того ж який-небудь завод спустить в міську каналізацію свої стічні води, що не пройшли попередньої фізичної або хімічної очистки від яких-небудь отруйних

речовин на цехових або заводських спорудах, то мікроорганізми в активному мулі загинуть і для відновлення активного мулу може знадобитися декілька місяців. Отже, стоки даного населеного пункту впродовж цього часу будуть забруднювати водойму органічними сполуками, що може призвести до його евтрофікації.

Однією з найважливіших проблем охорони довколишнього середовища є проблема збору, видалення та ліквідації або утилізації твердих виробничих відходів та побутового мусору, якого припадає від 300 до 500 кг у рік на душу населення. Вона розв'язується шляхом організації свалок, переробки мусору на компости з наступним використанням в якості органічних добрив або біологічного палива (біогаз), а також спалення на спеціальних заводах. Спеціально обладнані свалки, загальна кількість яких у світі сягає декількох мільйонів, називаються полігонами і являють собою доволі складні інженерні споруди, особливо якщо мова йде про зберігання токсичних або радіоактивних відходів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході виконання роботи проведено аналітичний огляд правил виконання візуальних польотів та польотів по приладам (IFR), який показав що використання навігаційної інформації від наземних радіотехнічних засобів (радіомаяків різних типів) значно покращило можливості виконання регулярних рейсів за будь-яких метеоумов.

Приведено опис основних типів наземних радіотехнічних засобів, які використовуються понині для аеронавігаційного забезпечення польотів. До їх складу входять ненаправлені маяків NDB різної дальності дії, всенаправлені маяки VOR та обладнання для визначення відстані DME. Проаналізовано їх основні технічні характеристики та окремо розглянуто їх позначення на сучасних картах Jeppesen.

В розділі розглянуто функціонал симулятора Fergo IFR Simulator, який дозволяє створювати сценарії роботи бортових пристроїв індикації навігаційної інформації під час польоту літака по приладам. Доступна в симуляторі панель бортових приборів містить радіокомпас (ADF), магнітний компас та індикатор відхилення від заданого курсу (CDI), які працюють з даними від наземних ненаправлених маяків NDB та VOR.

Виконано розробку інструкцій зі створення в симуляторі сценаріїв, які передбачають імітацію польоту з використанням даних лише NDB, лише VOR, NDB та VOR разом, а також інструкції виконання відповідних завдань в режимі Mission.

Розроблено завдання для лабораторних робіт, які можуть бути впроваджені в дисципліну «Основи радіонавігації та радіолокації».

Виконано розрахунок економічної ефективності власної розробки авіаційного симулятора, який може використовуватися в навчальному процесі на контрактній основі.

Розглянуто питання охорони праці та охорони навколишнього середовища.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов. – К. : НАУ, 2013. – 272 с
- 2 Бойченко С В., Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного авіаційного університету / С В. Бойченко, О.В. Іванченко К.: НАУ, 2017. – 63 с.
- 3 Дем'янчук В.С., Биковцев І.С., Клименко В.О., Юр'єв Ю.М. Автоматизовані системи керування повітряним рухом із використанням супутникових технологій. – К. Мінтранс, 2001
- 4 Харченко В.П. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт/В.П. Харченко, В.Ю. Ларін – К.: НАУ, 2012. – 52 с.
- 5 Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні. – К., 2001. – С. 2.
- 6 Злобін Ю. А. Основи екології. - К.: Вид. "Лібра", 1998
- 7 EASA Certification Specifications for Airplane Flight Simulation Training Devices. European Aviation Safety Agency. Retrieved July 16th, 2014, from: [http://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/rulemaking-docs-npa-2008-NPA2008-22e---CS-FSTD\(H\).pdf](http://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/rulemaking-docs-npa-2008-NPA2008-22e---CS-FSTD(H).pdf)
- 8 Airasian, J. Classroom assessment. Concepts and applications. Boston: McGraw Hill.
- 9 Aldrich, C. Learning by Doing. A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Pedagogy in e-Learning and Other Educational Experiences. San Francisco: Pfeifer.
- 10 Візуальні та приборні правила виконання польотів. Електронне джерело: <https://habr.com/ru/post/502312/> (останній доступ 20.11.2022)